



Universidade de Brasília/UnB
Faculdade Economia, Administração, Contabilidade
e Ciência da Informação e Documentação/FACE
Departamento de Economia/ECO
Mestrado Profissional em Economia
Área de concentração: Gestão Previdenciária

Jan Nascimento

**Aplicação do Modelo de Distribuição de Perdas Agregadas
Para Mensuração de Risco Operacional em Entidades
Fechadas de Previdência Complementar (EFPC)**

Brasília/DF
2012

Jan Nascimento

**Aplicação do Modelo de Distribuição de Perdas Agregadas
Para Mensuração de Risco Operacional em Entidades
Fechadas de Previdência Complementar (EFPC)**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Economia.
Área de concentração: Gestão Previdenciária.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alexandre Xavier Ywata Carvalho

Orientador – Universidade de Brasília

Prof. Dr. José Carneiro da Cunha Oliveira Neto

Prof. do Departamento de Administração/UnB

Dr. Reinaldo Soares de Camargo

Prof. do Instituto Gauss de Matemática

Brasília/DF

2012

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de
Brasília. Acervo 1004708.

Nascimento, Jan.
N244a Aplicação do Modelo de Distribuição de Perdas Agregadas
para mensuração de risco operacional em Entidades
Fechadas de Previdência Complementar (EFPC) / Jan
Nascimento. -- 2012.
viii, 103 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília,
Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade
e Ciência da Informação e Documentação, Departamento
de Economia, 2012.

Inclui bibliografia.

Orientação: Alexandre Xavier Ywata de Carvalho.

1. Previdência social privada. 2. Risco (Economia).
3. Fundos de pensão. 4. Modelos econométricos.
5. Estatística - Programas de computador. I. Carvalho,
Alexandre Xavier Ywata de. II. Título.

CDU 351.84

Jan Nascimento

**Aplicação do Modelo de Distribuição de Perdas Agregadas
Para Mensuração de Risco Operacional em Entidades
Fechadas de Previdência Complementar (EFPC)**

Dissertação de Mestrado submetida ao Mestrado em Economia, com área de concentração em Gestão Previdenciária da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre.

APROVADO POR:

ALEXANDRE XAVIER YWATA CARVALHO
(ORIENTADOR)

JOSÉ CARNEIRO DA CUNHA OLIVEIRA NETO
(EXAMINADOR INTERNO)

REINALDO SOARES DE CAMARGO
(EXAMINADOR EXTERNO)

Brasília/DF, 21 de dezembro de 2012.

DEDICATÓRIA

Aos meus filhos Gabriel e Miguel

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, Jesus Cristo, por fazer uma história na minha vida e por me proporcionar sempre o que eu preciso e não o que eu quero.

Agradeço aos meus filhos, Gabriel e Miguel, por serem os motivos que me fazem ter forças todos os dias para buscar meus objetivos.

Agradeço à FUNCEF por me proporcionar a oportunidade de cursar o mestrado.

Agradeço ao amigo Igor Ferreira do Nascimento pelos ensinamentos fundamentais em estatística e a ajuda na modelagem SAS.

RESUMO

A diminuição dos retornos esperados nos investimentos em renda fixa tem feito com que as Entidades Fechadas de Previdência Complementar (EFPC) tenham de assumir riscos cada vez maiores em seus investimentos. A identificação e a mensuração dos riscos passam a ter papel primordial no processo de gestão dos fundos de pensão. Os Órgãos Reguladores alinhados com essa preocupação tendem a exigir a criação de modelos estatísticos que possam prever com algum grau de certeza a exposição financeira das entidades. Não existe ainda um modelo consolidado para a mensuração de Risco Operacional em EFPC, uma alternativa pode ser a aplicação do Modelo de Distribuição de Perdas Agregadas já bastante difundido no mercado financeiro e utilizado por bancos. Esse modelo pode ser utilizado por EFPC desde que observados os aspectos específicos de um fundo de pensão quando da extração e tratamento da base de perdas. Torna-se necessária também a utilização de um *software* que possibilite a modelagem estatística adequada. Para tanto se estudou o *software* SAS que mostrou-se eficiente tanto no tratamento da base de dados quanto na modelagem estatística.

Palavras-chave: Risco Operacional. Base de Perdas. Modelagem Estatística.

ABSTRACT

The decrease in expected returns on fixed income investments has made Entities Closed Pension Fund (ECPF) have to take increasing risks in their investments. The identification and measurement of risks is replaced key role in the management of pension funds. Regulators aligned with this concern tend to require the creation of statistical models that can predict with some degree of certainty the financial exposure of the entities. There is still a model for measuring Consolidated Operational Risk in ECPF, an alternative may be the application of Model Distribution Losses Aggregate already widespread in the financial market and used by banks. This model can be used by ECPF since seen the specifics of a pension fund when the extraction and processing of base losses. It is also necessary to use a software enabling adequate statistical modeling. Therefore we studied the SAS software that was effective in treating both the database and in statistical modeling.

Keywords: Operational Risk. Basis of Loss. Statistical Modeling

LISTA DE SIGLAS

ABRAPP	Associação Brasileira das Entidades Fechadas de Previdência Privada
BD	Benefício Definido
BIS	Bank International Settlements
CD	Contribuição Definida
CGPC	Conselho de Gestão da Previdência Complementar
CMN	Conselho Monetário Nacional
CV	Contribuição Variável
EFPC	Entidade Fechada de Previdência Complementar.
FUNCEF	Fundação dos Economistas Federais
FTK	Financieel Toetsings Kader
IOPS	International Organisation of Pension Supervisors
LDA	Loss Distribution Approach
PREVI	Caixa de Previdência dos Funcionários do Banco do Brasil
PREVIC	Superintendência Nacional de Previdência Complementar
RGPS	Regime Geral da Previdência Social
RPPS	Regime Próprio da Previdência Social
SAS	Statistical Analysis System
SMC	Simulação de Monte Carlo
SPC	Secretaria de Previdência Complementar
VAR	Value at Risk

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Teste de aderência distribuição de severidade – Contencioso Jurídico Financeiro.....	40
Tabela 2 – Teste de aderência distribuição de frequência – Contencioso Jurídico Financeiro.....	44
Tabela 3 – Valores para o V@R– Contencioso Jurídico Financeiro.....	47
Tabela 4 – Teste de aderência distribuição de severidade – Contencioso Jurídico Provisão.....	49
Tabela 5 – Teste de aderência distribuição de frequência – Contencioso Jurídico Provisão.....	51
Tabela 6 – Valores para o V@R– Contencioso Jurídico Provisão.....	53
Tabela 7 – Teste de aderência distribuição de severidade – Multas e Penalidades..	56
Tabela 8 - Teste de aderência distribuição de frequência – Multas e Penalidades..	57
Tabela 9 – Valores para o V@R– Multas e Penalidades.....	59
Tabela 10 – Teste de aderência distribuição de severidade – Operações com Participantes.....	62
Tabela 11 – Teste de aderência distribuição de frequência – Operações com Participantes.....	65
Tabela 12 – Valores para o V@R– Operações com Participantes.....	67
Tabela 13 – Teste de aderência distribuição de severidade – Imóveis.....	70
Tabela 14 – Teste de aderência distribuição de frequência – Imóveis.....	74
Tabela 15 – Valores para o V@R– Imóveis.....	76

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição de perdas quanto à severidade.....	37
Gráfico 2 – Distribuição de perdas quanto à frequência.....	37
Gráfico 3 – Histograma para logaritmo da severidade – Contencioso Jurídico Financeiro.....	41
Gráfico 4 – Histograma para logaritmo da severidade distribuição híbrida – Contencioso Jurídico Financeiro.....	42
Gráfico 5 – QQ-PLOT distribuição híbrida de severidade – Contencioso Jurídico Financeiro.....	43
Gráfico 6 – QQ-PLOT distribuição frequência – Contencioso Jurídico Financeiro...	44
Gráfico 7 – QQ-PLOT distribuição frequência – Contencioso Jurídico Financeiro...	45
Gráfico 8 – Distribuição de perdas agregada – Contencioso Jurídico Financeiro.....	46
Gráfico 9 – <i>Backtest</i> – Contencioso Jurídico Financeiro.....	48
Gráfico 10 – QQ-PLOT distribuição de severidade – Contencioso Jurídico Provisão.....	50
Gráfico 11 – Ajuste distribuição Weibull severidade – Contencioso Jurídico Provisão.....	50
Gráfico 12 – QQ-PLOT distribuição de frequência – Contencioso Jurídico Provisão.....	52
Gráfico 13 – Distribuição de perdas agregada – Contencioso Jurídico Provisão.....	53
Gráfico 14 – <i>Backtest</i> – Contencioso Jurídico Provisão.....	54
Gráfico 15 – QQ-PLOT distribuição de frequência – Multas e Penalidades.....	58
Gráfico 16 – Distribuição de perdas agregada – Multas e Penalidades.....	59
Gráfico 17 – <i>Backtest</i> – Multas e Penalidades.....	60
Gráfico 18 – Histograma para logaritmo da severidade – Operação com Participantes.....	63
Gráfico 19 – Histograma para logaritmo da severidade distribuição híbrida – Operação com Participantes.....	64
Gráfico 20 – QQ-PLOT distribuição de severidade – Operação com Participantes....	64
Gráfico 21 – QQ-PLOT distribuição de frequência – Operação com Participantes...	66
Gráfico 22 – Distribuição de perdas agregada – Operação com Participantes.....	67
Gráfico 23 – <i>Backtest</i> – Operação com Participantes.....	68
Gráfico 24 – Histograma para logaritmo da severidade – Imóveis.....	71
Gráfico 25 – Histograma severidade distribuição híbrida – Imóveis	72
Gráfico 26 – QQ-PLOT distribuição de severidade – Imóveis	73
Gráfico 27 – QQ-PLOT distribuição de frequência – Imóveis.....	74
Gráfico 28 – Distribuição de perdas agregada – Imóveis	75
Gráfico 29 – <i>Backtest</i> – Imóveis	77

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1.....	23
Equação 2.....	24
Equação 3.....	24
Equação 4.....	24
Equação 5.....	24
Equação 6.....	25
Equação 7.....	25
Equação 8.....	25
Equação 9.....	26
Equação 10.....	27
Equação 11.....	27
Equação 12.....	28
Equação 13.....	28
Equação 14.....	42
Equação 15.....	63
Equação 16.....	71

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2 OBJETIVO	2
1.3 PROBLEMA	2
1.4 METODOLOGIA	3
1.5 DELIMITAÇÃO	3
CAPÍTULO 2	4
2 ASPECTOS GERAIS DA PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR	4
2.1 BREVE HISTÓRICO	4
2.2 CONTEXTO ATUAL DA PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR	5
CAPÍTULO 3	6
3 ASPECTOS GERAIS DA PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR FECHADA	6
3.1 ATORES	6
3.2 RELAÇÕES JURÍDICAS	7
3.3 INSTITUTOS	7
3.4 PLANOS BENEFÍCIO DEFINIDO, CONTRIBUIÇÃO DEFINIDA E CONTRIBUIÇÃO VARIÁVEL	8
CAPÍTULO 4	10
4 CONCEITO E CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS	10
4.1 CONCEITO	10
4.2 RISCO DE CRÉDITO	11
4.3 RISCO DE MERCADO	12
4.4 RISCO DE LIQUIDEZ	12
4.5 RISCO ATUARIAL	13
CAPÍTULO 5	14
5 RISCO OPERACIONAL	14
5.1 DEFINIÇÃO	14
5.2 RECOMENDAÇÃO DE BOAS PRÁTICAS DO COMITÊ DE BASILÉIA	15
5.3 ABORDAGENS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS	15
5.3.1 Abordagem Quantitativa do Risco Operacional	16

5.3.2 Abordagem Qualitativa do Risco Operacional	16
CAPÍTULO 6	17
6 CONTEXTO INTERNACIONAL PARA GESTÃO E RISCOS EM FUNDOS DE PENSÃO	17
CAPÍTULO 7	19
7 ARCABOUÇO REGULATÓRIO PARA GESTÃO DE RISCOS EM EFPC NO BRASIL	19
CAPÍTULO 8	22
8 O MODELO DE DISTRIBUIÇÃO DE PERDAS AGREGADAS	22
8.1 SEPARAÇÃO EM FREQUÊNCIA E SEVERIDADE	23
8.2 ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS	23
8.2.1 Método dos Momentos	24
8.2.2 Método da Máxima Verossimilhança	25
8.2.3 Método dos Mínimos Quadrados	25
8.3 TESTE DE ADERÊNCIA	26
8.3.1 Teste do Qui-Quadrado (χ^2)	26
8.3.2 Teste Kolmogorov-Smirnov	27
8.3.3 Teste de Anderson-Darling	28
8.4 CÁLCULO DA DISTRIBUIÇÃO AGREGADA – SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO	28
8.5 CÁLCULO DO V@R OPERACIONAL	29
CAPÍTULO 9	30
9 FERRAMENTA UTILIZADA PARA TRATAMENTO DOS DADOS E MODELAGEM ESTATÍSTICA	30
CAPÍTULO 10	31
10 APLICAÇÃO DO MODELO EM UMA EFPC	31
10.1 MONTAGEM E TRATAMENTO DA BASE DE PERDAS	31
10.1.1 Montagem da Base de Perdas Operacional	31
10.1.1.1 Origem dos dados	31
10.1.1.2 Problemas na utilização da base de perdas operacionais extraídas das informações contábeis	35
10.1.2 Base de Perdas Utilizada	36
10.1.2.1 Estatísticas da base de perdas utilizada	36
10.1.3 Tratamento da Base de Perdas	38

CAPÍTULO 11	39
11 RESULTADOS.....	39
11.1 RESULTADOS PARA EVENTO DE PERDA CONTENCIOSO JURÍDICO FINANCEIRO	39
11.1.1 Modelo de Severidade – Escolha da Distribuição.....	40
11.1.2 Modelo de Frequência – Escolha da Distribuição	44
11.1.3 Cálculo da Distribuição de Perdas Agregadas Utilizando a Simulação de Monte Carlo	46
11.1.4 V@R Operacional Calculado	46
11.1.5 Backtest	47
11.2 RESULTADOS PARA EVENTO DE PERDA CONTENCIOSO JURÍDICO PROVISÃO	48
11.2.1 Modelo de Severidade – Escolha da Distribuição.....	48
11.2.2 Modelo de Frequência – Escolha da Distribuição	51
11.2.3 Cálculo da distribuição de perdas agregada utilizando a Simulação de Monte Carlo	52
11.2.4 V@R Operacional Calculado	53
11.2.5 Backtest	54
11.3 RESULTADOS PARA EVENTO DE PERDA MULTAS E PENALIDADES	55
11.3.1 Modelo de Severidade – Escolha da Distribuição.....	56
11.3.2 Modelo de Frequência – Escolha da Distribuição	57
11.3.3 Cálculo da distribuição de perdas agregadas utilizando a Simulação de Monte Carlo	58
11.3.4 V@R Operacional Calculado	59
11.3.5 Backtest	60
11.4 RESULTADOS PARA EVENTO DE PERDA OPERAÇÃO COM PARTICIPANTES	61
11.4.1 Modelo de Severidade – Escolha da Distribuição.....	62
11.4.2 – Modelo de Frequência – Escolha da Distribuição	65
11.4.3 Cálculo da Distribuição de Perdas Agregada Utilizando a Simulação de Monte Carlo	66
11.4.4 V@R Operacional Calculado	67
11.4.5 Backtest	68
11.5 RESULTADOS PARA EVENTO DE PERDA PERDAS COM IMÓVEIS	69
11.5.1 Modelo de Severidade – Escolha da Distribuição.....	70

11.5.2 Modelo de Frequência – Escolha da Distribuição	73
11.5.3 Cálculo da Distribuição de Perdas Agregada Utilizando a Simulação de Monte Carlo	75
11.5.4 V@R Operacional Calculado	75
11.5.5 – Backtest	76
12 CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXO	83
Anexo A – Programação Desenvolvida em SAS	83

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A gestão de um patrimônio de mais de R\$ 500 bilhões associada a uma queda expressiva dos retornos esperados dos investimentos, fato que é de modo geral ocasionado pela queda dos rendimentos dos investimentos em renda fixa, tem obrigado as Entidades Fechadas de Previdência Complementar (EFPC) a melhorar de forma significativa suas metodologias de gestão e governança com ênfase no controle e mensuração dos riscos.

Em um cenário econômico de maiores dificuldades para se atingir as metas estabelecidas nos planos de benefícios é que se colocam os imperativos de maior ousadia pelos investidores, de maior exposição a riscos, de maior profissionalismo, além de severas reduções nos custos administrativos, para que se possam obter melhores resultados. Isso remete os administradores a uma necessária redefinição da estrutura de governança nas fundações, com realce aos princípios da gestão integrada de riscos, que ofereça as melhores condições de segurança aos planos, à entidade e aos participantes, conforme exigido pela legislação do sistema.

Nesse contexto o órgão supervisor vem se posicionando de modo que a gestão de riscos possa ser implementada em todo o sistema. A título de exemplo dessa nova visão estratégica, a Secretaria de Previdência Complementar (SPC), sucedida pela PREVIC, trouxe a público alguns indicativos, com foco específico na gestão dos riscos, videm a Resolução CGPC nº 13, de 01 de outubro de 2004 e a Recomendação CGPC nº 2, de 27 de abril de 2009, que institui a Supervisão Baseada em Risco.

Ainda, no mesmo sentido, em novembro de 2010 foi lançado O Guia PREVIC Melhores Práticas em Fundos de Pensão, com a finalidade de orientar dirigentes, participantes, assistidos, patrocinadores, instituidores e os próprios servidores daquela autarquia quanto à gestão dos fundos de pensão. Nesse documento o órgão supervisor categoriza os riscos vistos como os mais relevantes, sob sua ótica, que deverão ter tratamento

mais acurado pelas EFPC's. São eles: o risco de governança, o risco atuarial, o risco de contraparte, o risco de mercado, o risco de liquidez, o risco operacional e o risco legal.

1.2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo geral propor a aplicação do Modelo de Distribuição de Perdas Agregadas para a Mensuração de Risco Operacional em EFPC.

Para o alcance desse objetivo geral propõem-se os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar aspectos gerais relacionados à Previdência Complementar;
- Apresentar aspectos relacionados à conceituação e classificação dos riscos;
- Apresentar o arcabouço regulatório para a gestão de riscos em EFPC;
- Apresentar modelo estatístico baseado na Distribuição de Perdas Agregadas;
- Definir critérios para aplicação e adaptação do Modelo de Distribuição de Perdas Agregadas em EFPC;
- Definir critérios para a extração e tratamento da Base de Perdas;
- Apresentar os resultados da aplicação do modelo;
- Validar os resultados por meio da aplicação do *Backtest*.

1.3 PROBLEMA

A metodologia de Distribuição de Perdas Agregadas pode ser aplicada de forma eficiente em Entidades Fechadas de Previdência Complementar para a mensuração de risco operacional?

1.4 METODOLOGIA

Vergara (2000), classifica uma pesquisa quanto aos seus fins e seus meios, levando em conta esse padrão, essa pesquisa é classificada da seguinte forma:

- Quanto aos seus fins

Descritiva – expõe características de determinada população ou de determinado fenômeno.

Explicativa – tem como principal objetivo esclarecer quais fatos contribuíram para ocorrência de determinado fenômeno.

Aplicada – tem finalidade prática e está fundamentada na necessidade de resolver problemas concretos.

- Quanto aos meios

Bibliográfica – é um estudo sistematizado com base em material publicado.

1.5 DELIMITAÇÃO

O presente estudo propõe a aplicação do Modelo de Distribuição de Perdas Agregadas, utilizando apenas informações de perdas operacionais históricas extraídas das demonstrações contábeis da entidade. Técnicas que inserem a percepção do analista no modelo não fazem parte do escopo do trabalho.

CAPÍTULO 2

2 ASPECTOS GERAIS DA PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR

2.1 BREVE HISTÓRICO

Conforme a ABRAPP (2003),

o início da Previdência complementar no Brasil precede até mesmo o marco da criação da Previdência Oficial. Em 1904, foi criada a Caixa Montepio dos Funcionários do Banco da República do Brasil, com a finalidade de proporcionar aos dependentes dos funcionários do Banco do Brasil o pagamento de pensão, quando do seu falecimento, sendo que em 1934 também assumiu a responsabilidade pelo pagamento de aposentadoria de seus associados. Em 1967 passou a ter o nome de PREVI – Caixa de Previdência dos Funcionários do Banco do Brasil.

Nos anos de 1950, foi criada a previdência complementar para trabalhadores das empresas públicas federais e de alguns estados, funcionando em bases orçamentárias e de responsabilidade das próprias empresas e, em alguns casos, das Fazendas dos Estados.

Posteriormente, segundo a mesma fonte, foram surgindo alguns fundos de pensões ligados a empresas estatais, como a PETROS (fundo de pensão dos trabalhadores da Petrobrás) e a Fundação Cesp (para trabalhadores de empresas estatais do setor elétrico paulista), criadas em 1969.

Nessa mesma época, ainda existiam sistema de previdência complementar que eram destinados a trabalhadores de empresas privadas, constituídos sob forte influência de experiências internacionais, como plano da Philips e da Promon Engenharia. (ABRAPP, 2003).

Entretanto, somente na década de 70 foi que ocorreu a regulamentação da previdência complementar. Naquele momento, as complementações de aposentadorias dos trabalhadores das empresas estatais haviam sido extintas e o governo buscava alternativas para compensar a retirada daqueles benefícios. O governo militar também pretendia estimular o mercado de capitais, transferindo recursos a baixo custo para as empresas de capital aberto.

Assim, a força patrimonial das estatais, aliada à nova situação previdenciária de seus trabalhadores, ofereceu a base para a criação dos fundos de pensão. Em 15 de julho de 1977 foi aprovada a Lei Federal nº 6.435, criando o arcabouço legal para a previdência complementar brasileira. A partir desse momento. As experiências da PREVI e do modelo implantado na Petrobrás proporcionaram forte impulso para expansão da previdência complementar nas empresas estatais por meio da criação dos fundos de pensão.

A legislação introduzida em 1977 perdurou até o dia 29 de maio de 2000, quando a aprovação das Leis complementares 108 e 109 determinou a reformulação da previdência complementar brasileira, tornando-a mais adequada às novas realidades e aumentando a sua abrangência, objetivando proporcionar melhores alternativas no âmbito das entidades de planos de previdência sem fins lucrativos.

A legislação da previdência privada no Brasil tem evoluído no sentido de atender a preocupação básica de gerar um sistema de previdência complementar capaz de permitir que o participante tenha garantias mínimas de que os recursos aportados nos fundos de pensão serão aplicados de forma a permitir o recebimento dos benefícios dentro dos parâmetros previamente contratados.

2.2 CONTEXTO ATUAL DA PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR

A ABRAPP (2003) caracteriza o a previdência complementar brasileira a partir de dois pilares: as entidades fechadas e as entidades abertas, que representam grandes diferenças entre si. As Entidades Fechadas de Previdência Complementar (EFPC), também conhecidas como Fundos de Pensão, são organizações sem fins lucrativos, constituídos sob a forma de fundações de direito privado ou de sociedades, das quais são exemplos a Previ, a Petros, a Fundação Cespe e a Funcef (dos trabalhadores da CAIXA). As EFPC são acessíveis, exclusivamente, aos trabalhadores de uma determinada empresa ou grupo (que integra o sistema na condição de patrocinador), por meio de planos de benefícios, e os associados de entidade de caráter profissional, setorial ou classista (que figuram como instituidor) por meio de planos instituídos (ABRAPP, 2003).

Já as Entidades Abertas de Previdência Complementar (EAPC) são organizadas sob a forma de sociedades anônimas, e atuam no mercado de previdência complementar com fins lucrativos; esta modalidade oferece à população planos de aposentadorias de diferentes tipos que podem ser individuais ou coletivos.

CAPÍTULO 3

3 ASPECTOS GERAIS DA PREVIDÊNCIA COMPLEMENTAR FECHADA

3.1 ATORES

Os atores do sistema fechado de previdência complementar são, basicamente, a EFPC, que executa e administra o plano de benefício oferecido por determinada Patrocinadora e é oferecido aos seus empregados ou aos associados, que, por sua vez, são os Participantes e/ou Assistidos do plano de benefício.

As EFPC são organizadas sob a forma de fundação (privada) ou sociedade civil, sem fins lucrativos, que se destinam a instituir planos de benefícios de natureza previdenciária e operá-los. Conforme a Lei Complementar nº 109/2001, as EFPC, podem ser classificadas de acordo com o plano que administram, sendo denominadas de “plano comum”, quando administram e executam único plano de benefício; ou “multiplano”, quando administram e executam mais de um plano de benefício; ou de acordo com seus patrocinadores e assim chamadas de “singulares”, quando possuem apenas uma patrocinadora; ou “multipatrocinados”, quando possuem mais de uma patrocinadora.

As patrocinadoras são pessoas jurídicas de direito privado ou de direito público que decidem oferecer um plano providencial a seus empregados. Cabe, às patrocinadoras, a missão primeira de fiscalizar e acompanhar o plano de benefício por ela patrocinado, bem como custear este, com o concurso, ou não dos participantes.

A Lei Complementar nº 109 define participante como “a pessoa física que aderir ao plano de benefícios” e o assistido como “o participante ou seu beneficiário em gozo de benefício de prestação continuada”.

3.2 RELAÇÕES JURÍDICAS

As relações jurídicas no âmbito da previdência complementar fechada dependem de quatro instrumentos contratuais formais:

- a) Estatuto da EFPC: principal instrumento contratual que disciplina a constituição e funcionamento do fundo de pensão;
- b) Regulamento de plano de benefícios: é o documento que congrega as regras e condições em que um plano de benefícios é ofertado aos participantes.
- c) Convênio de Adesão: é o documento contratual que vincula um patrocinador a um plano de benefícios administrado por uma entidade fechada de previdência complementar.
- d) Termo de Adesão do Participante: é o documento que formaliza a opção voluntária do empregado ou associado, quando for o caso, a respeito do ingresso e permanência no plano de benefícios e trata-se, portanto, de um contrato, cujas cláusulas estão expressas no regulamento do plano de benefícios ao qual o participante adere.

3.3 INSTITUTOS

Acredita-se que em decorrência das constantes mudanças das relações trabalhistas, o órgão governamental regulador, por meio da Lei Complementar nº 109/2001 e normas reguladoras posteriores, tornou obrigatório e disciplinou os Institutos, assim chamados, as formas de manutenção ou cancelamento da inscrição do participante no plano de benefícios, em decorrência de redução salarial, afastamento da atividade laborativa ou cessação do vínculo empregatício. São elas:

- a) Benefício Proporcional Diferido: é a faculdade, dada ao participante, em razão da cessação do vínculo empregatício, de optar em receber em tempo futuro, quando do preenchimento das exigências regulamentares, um benefício de plano providencial.

- b) Portabilidade: é o instituto que faculta ao participante, transferir os recursos financeiros correspondentes ao seu direito acumulado, para um plano providencial operado por outra EFPC ou sociedade seguradora devidamente autorizada. A portabilidade não caracteriza resgate.
- c) Resgate: é a faculdade, dada ao participante, em razão da cessação do vínculo empregatício, de receber a totalidade das contribuições vertidas ao plano pelo participante, descontadas as parcelas decorrentes do custeio administrativo ou outras decorrentes das previsões regulamentares; e
- d) Autopatrocinio: é o instituto que permite o participante, no caso de perda total ou parcial da remuneração, continuar pagando contribuições ao plano de benefícios, decorrente da sua responsabilidade contributiva e aquelas de obrigação da patrocinadora, para formar reserva garantidora do benefício providencial e assim, manter direito aos benefícios oferecidos pelo plano de benefícios.

3.4 PLANOS BENEFÍCIO DEFINIDO, CONTRIBUIÇÃO DEFINIDA E CONTRIBUIÇÃO VARIÁVEL

Em 2005, o Conselho de Gestão de Previdência Complementar (CGPC), do Ministério da Previdência Social, normatizou os planos previdenciários em três modalidades: Benefício Definido (BD), Contribuição Definida (CD) e Contribuição Variável (CV).

O Plano BD é aquele em que o valor da aposentadoria é definido no momento em que o participante adere ao plano, e calculado com base em valores pré-fixados ou fórmulas estipuladas no regulamento. Para assegurar a concessão e a manutenção do benefício contratado, cálculos atuariais são feitos anualmente, podendo alterar os valores dos depósitos mensais. O regime nesse caso é de mutualismo, com uma conta coletiva e solidariedade entre os participantes. O recebimento da aposentadoria é vitalício.

No Plano CD, o participante, ao invés de determinar o valor da aposentadoria, determina os aportes ao plano. O benefício futuro, assim, dependerá do período de contribuição e do valor das contribuições, além, claro, do rendimento conquistado pela

aplicação dos recursos. Nos planos CD, cada participante tem sua conta. Quanto ao recebimento das aposentadorias, são várias as formas existentes. Pode ser por um prazo determinado em anos, ou até por um período indefinido, já que há opção de receber um valor fixo em reais ou um percentual do saldo formado. Nesse caso, o pagamento termina quando o saldo do participante se encerra.

O Plano CV mescla características das duas modalidades anteriores. O participante pode, por exemplo, fazer contribuições em um plano CD, em contas individuais e aportes definidos. Mas no momento de receber a aposentadoria pode estipular que o benefício mensal seja vitalício, tal como ocorre nos planos BD.

CAPÍTULO 4

4 CONCEITO E CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS

4.1 CONCEITO

O termo risco é proveniente da palavra *risicu* ou *riscu*, em latim, que significa ousar (*to dare*, em inglês). Costuma-se entender risco como a possibilidade de “algo não dar certo”, mas seu conceito atual envolve a qualificação e a quantificação da incerteza, tanto no que diz respeito às perdas como aos ganhos, com relação ao rumo dos acontecimentos planejados, seja por indivíduos, seja por organizações.

Embora a maioria das pessoas enfrente o risco todos os dias nas suas mais variadas formas, a sua conceituação é muito complexa. De um modo genérico, situações que possam parecer de alto risco para uma pessoa poderão ser consideradas de risco aceitável para outras (SECURATO, 1996).

Damodaran (2008) também salienta que dada à onipresença do risco em quase todas as atividades humanas, surpreende o fato de não haver uma unanimidade acerca de uma definição para o termo “risco”. Nesse sentido, cabe mencionar a importante contribuição de Knigth (1921), diferenciando risco de incerteza. Para o autor, a incerteza precisa ser considerada como um sentido completamente distinto da nação comumente aceita para o risco, da qual nunca foi adequadamente separada. O autor distingue incerteza e risco atribuindo que a conceituação de risco está associada ao fato de que algumas variáveis são passíveis de serem mensuradas. Já, incerteza significa aquela parcela que não pode ser mensurada. Em síntese, Knigth se preocupou em definir como risco aquela parcela da incerteza capaz de ser mensurada.

Complementando a definição de Knigth, Holton (2004) defende a posição que é preciso dois componentes para o risco de configurar. O primeiro é a incerteza sobre os prováveis resultados de um experimento, o segundo é que os resultados precisam ser relevantes em termos de utilidade.

Damodaran (2008) conclui que o fato concreto é que o risco está incorporado em um grande número de disciplinas, da indústria de seguros, à engenharia, à teoria das carteiras. Segundo o autor, não chega a causar surpresa o fato de cada uma delas apresentar suas próprias definições.

Para Gitman (2001) fundamentalmente, risco é a probabilidade de perda financeira. Os ativos considerados mais arriscados são os que oferecem maior probabilidade de perdas financeiras. Em termos mais formais, a palavra risco é usada como sinônimo de incerteza e refere-se à variabilidade dos retornos associados a um ativo. Já, Jorion (2007) entende que “risco é grande incerteza a respeito de um evento”. Assim, pode-se definir o risco, ou seja, “a possibilidade de perda” ou “o grau de incerteza”, como a probabilidade de ocorrência do evento gerador de perda ou da incerteza.

4.2 RISCO DE CRÉDITO

O risco de crédito pode ser definido como a probabilidade de títulos adquiridos pelo investidor não serem honrados na data do seu vencimento, ou seja, que os títulos não sejam pagos na data ou nas condições acordadas, evento que no mercado recebe o nome de *default*. O risco de crédito se aplica não apenas à possibilidade de não pagamento do principal dos títulos, mas também ao não pagamento de eventuais intermediários a eles relacionados, como juros e amortização (CHOUHY; GALAI; MARK, 2006).

Nesse contexto, o risco de crédito é a medida numérica da incerteza relacionada ao recebimento de um valor contratado ou compromissado a ser pago por um tomador de empréstimo, contraparte de um contrato ou emissor de um título, descontadas as expectativas de recuperação e realização de garantias. Tal risco decorre das possibilidades de perdas resultantes das operações que geram desembolso temporário de recursos ou das operações que produzem recursos a serem recebidos em datas futuras. Dentro do risco de crédito, o risco de inadimplência que é a possibilidade de perdas pela incapacidade de pagamento da contraparte (MARTINS, 2010).

4.3 RISCO DE MERCADO

Risco de mercado é a variação potencial do valor de uma posição (*portfólio*, aplicação ou carteira de investimentos) em decorrência da alteração dos preços ou taxa de juros. Seria o risco associado ao fato de se deter uma carteira de investimento, ou seja, de ser um *player*. (ALVES JUNIOR, 1998).

O risco de mercado decorre da mudança nos preços de ativos e passivos financeiros. É a perda potencial causada por mudanças adversas no comportamento dos preços de mercado e são subdivididos em risco de taxas de juros, de taxa de câmbio, de renda variável e de *commodities*. Pode ser medido em termos absolutos, mensurado pela perda potencial na própria moeda ou em termos relativos, mensurando a perda ou desvio em relação a algum índice de referência ou *benchmark*. (SANTOS, 2000)

4.4 RISCO DE LIQUIDEZ

Não ter liquidez suficiente é uma ameaça à operação normal dos negócios, ao passo que o inverso é uma indicação de decisões de investimentos subótimas. O risco de liquidez é o risco financeiro de uma possível perda de liquidez, podendo ser de dois tipos (JORION, 2007):

- De mercado/produto – é o risco de que uma instituição não seja capaz de executar uma transação ao preço de mercado atual em função de insuficiência de atividade no mercado, podendo ser gerenciado por meio de estabelecimento de limites em determinados mercados ou produtos; e
- De fluxo de caixa/obtenção de recursos – diz respeito à incapacidade de cumprir com alguma obrigação, forçando a liquidação de ativos em condições desfavoráveis, e é afetado por diversos fatores (como maturidade dos passivos, fontes e condições de financiamentos), podendo ser gerenciado por meio do planejamento adequado das necessidades de caixa.

O risco de liquidez tende a potencializar outros tipos de riscos.

4.5 RISCO ATUARIAL

O risco atuarial pode ser definido como o risco decorrente da alocação de premissas atuariais que não se confirmem, ou que se revelem agressivas e pouco aderentes à massa de participantes ou do uso de metodologias que se mostrem inadequadas.

CAPÍTULO 5

5 RISCO OPERACIONAL

5.1 DEFINIÇÃO

Existem diversos conceitos para risco operacional, tratados por alguns autores como Fortuna (2005), Jorion (1997), Duart Jr (1996) e também por autoridades regulatórias como o Banco Central do Brasil e o BIS.

De acordo com Fortuna (2005) o risco operacional é qualquer possibilidade de perda que tenha origem por falhas, sistemas, processos, recursos tecnológicos, recursos humanos ou, então, pela perda na questão dos valores corporativos e éticos unificadores da estrutura da empresa. Muito parecido com a definição de Duarte Jr. (1996), “risco operacional está relacionado a possíveis perdas como resultante de sistemas e/ou controles inadequados, falhas de gerenciamento e erros humanos.”, que, por sua vez, é muito parecido com a definição do BIS (2004) e com a Resolução nº 3.380 do Banco Central do Brasil.

Segundo a Resolução nº 3.380 de 2006 do Banco Central “Art. 2.. Para os efeitos dessa resolução, define-se como risco operacional a possibilidade de ocorrência de perdas resultantes de falha, deficiência, ou inadequação de processos internos, pessoas e sistemas, ou de eventos externos.”, que por sua vez toma a definição do BIS (2004) como referência “o risco operacional é definido como o risco de perdas resultante de pessoas, sistemas e processos internos inadequados ou deficientes, ou de eventos externos.”.

Para Jorion (1997), “risco operacional refere-se a perdas potenciais resultantes de sistemas inadequados, falha no gerenciamento, falha nos controles, fraude ou erro humano”.

5.2 RECOMENDAÇÃO DE BOAS PRÁTICAS DO COMITÊ DE BASILÉIA

O comitê acredita que rigor similar ao aplicado nos riscos de crédito e mercado deve ser aplicado na gestão dos riscos operacionais. Para que boas práticas da administração dos riscos operacionais sejam aplicadas e a sua capacidade de gerir adequadamente os riscos operacionais não desnorteiem o perfil de uma instituição de riscos e com isso não exponha esta a perdas significativas.

Também, entende-se por meio de estudo e análises de comportamento que o “risco operacional se difere de outros riscos na medida em que não é tomado direcionamento em troca de uma recompensa esperada, mas existe um curso natural da atividade corporativa” (BIS, 2003).

Refletindo o caráter diferente do risco operacional, segundo o BIS, uma “gestão de risco operacional entende-se como a identificação, avaliação, mensuração, monitoração, controle e mitigação de risco”.

5.3 ABORDAGENS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS

Geralmente, a eficiência da mensuração do risco está relacionada com a solidez do modelo e a disponibilidade dos dados que podem ser coletados. A identificação do impacto das perdas operacionais sobre os resultados, nesse aspecto, deve ser classificada para que medidas de gerenciamento possam ser tomadas com efetividade. Na abordagem do BIS para o risco operacional é recomendado que se identifique os fatores quantitativos e qualitativos para se modelar o banco de dados para risco operacional, os quais são descritos como:

- Abordagem Qualitativa: relaciona-se a normas para boas práticas operacionais, normas para controle interno, normas de qualidade para processos e recursos.
- Abordagem Quantitativa: relaciona-se a modelos quantitativos de frequência e severidade.

5.3.1 Abordagem Quantitativa do Risco Operacional

Na verdade, os fatores quantitativos são aqueles expressos em números sobre as perdas, que serão tratados nesse trabalho, especialmente, pela análise de severidade e frequência de um conjunto de eventos e pela mensuração do V@R.

O V@R é uma ferramenta importantíssima e amplamente conhecida no meio atuarial e estatístico, uma vez que sua utilização permite calcular valores esperados de perdas com certo grau de confiança, em um dado período de tempo, por meio de análise estatística de dados coletados. Por sua vez o V@R operacional conforme Carvalho (2003), “é calculado a partir de uma base de dados obtidos na observação de desempenhos passados ou da previsão de desempenhos futuros, das exposições a perdas associados aos diversos processos e linhas de negócios”.

5.3.2 Abordagem Qualitativa do Risco Operacional

Em uma breve explanação sobre padrões qualitativos, Marshal (2002) define como sendo “[...] boas práticas no campo operacional ou especificam diretrizes gerais para avaliação da qualidade de processo e de controle.” E, segundo ele, podem ser subdivididos em diretrizes de controle interno, de qualidade para processos e recursos, e diretrizes setoriais de boas práticas operacionais.

CAPÍTULO 6

6 CONTEXTO INTERNACIONAL PARA GESTÃO DE RISCOS EM FUNDOS DE PENSÃO

Mesmo no âmbito internacional são poucas as definições existentes para o tratamento e mensuração de risco operacional, de forma geral, podem-se destacar as recomendações emitidas pela *International Organisation of Pension Supervisors* (IOPS). O IOPS é um organismo internacional que tem por objetivo a emissão de normas e recomendações de melhores práticas para fundos de pensão. Em documento intitulado: *Pension Funds' Risk-Management Framework: Regulation and Supervisory Oversight* o IOPS recomenda que os fundos de pensão devem desenvolver modelos para quantificar o nível de exposição ao risco operacional, e complementa, informando que as perdas devem ser quantificadas de forma eficiente e que devem ser realizadas estimativas para alocação de capital suficiente para absorver as perdas com eventos relacionados a risco operacional.

Contudo, o IOPS, não estabelece um modelo estatístico/econômico que possibilite a qualificação dos valores relativos a risco operacional, dessa forma, a escolha do modelo, é de responsabilidade de cada entidade.

A supervisão de fundos de pensão na Holanda é baseada em um conjunto de regras chamado *Financieel Toetsingskader* (FTK), que pode ser traduzido como um Sistema de Supervisão Financeira. O propósito do FTK é assegurar que os riscos dos fundos de pensão estão sendo geridos e controlados adequadamente.

O FTK estabelece que as obrigações dos fundos de pensão estejam completamente cobertas pelos investimentos, a qualquer tempo, o que representa a exigência de um índice de solvência de 100%.

O modelo FTK consiste, basicamente, em uma aplicação do VaR para um ano, com nível de confiança de 97,5%, onde os requerimentos de capital são uma função do perfil de risco das entidades de previdência. (PUGH;YERMO, 2008).

O FTK reconhece as seguintes categorias de riscos:

- Risco de Mercado
- Risco de Crédito
- Risco de Provisões Técnicas
- Risco de Liquidez
- Risco de Concentração
- Risco Operacional

Mais uma vez o modelo para a mensuração do risco operacional não é definido. Entretanto, fica evidente a importância de modelos eficientes de mensuração, não só para o risco operacional como para todas as categorias de riscos, tendo em vista que esses valores serão considerados para fins do cálculo de solvência do fundo de pensão.

CAPÍTULO 7

7 ARCABOUÇO REGULATÓRIO PARA GESTÃO DE RISCOS EM EFPC NO BRASIL

O arcabouço regulatório para a Gestão de Riscos em EFPC começou a ser desenhado quando da emissão em 1º de outubro de 2004 da Resolução MPS/CGPC Nº 13 que estabelece princípios, regras e práticas de governança, gestão e controles internos a serem observados pelas EFPC.

A referida resolução estabelece em seu Art. 1º

As Entidades Fechadas de Previdência Complementar (EFPC) devem adotar princípios, regras e práticas de governança, gestão e controles internos adequados ao porte, complexidade e riscos inerentes aos planos de benefícios por elas operados, de modo a assegurar o pleno cumprimento de seus objetivos. (BRASIL, 2004).

A preocupação com a temática relacionada à gestão de risco pode ser observada, de forma mais incisiva no Art. 12 em que a Resolução MPS/CGPC nº 13 estabelece que

Todos os riscos que possam comprometer a realização dos objetivos da EFPC devem ser continuamente identificados, avaliados, controlados e monitorados. E complementa em seus incisos 1º e 2º:

§ 1º Os riscos serão identificados por tipo de exposição e avaliados quanto à sua probabilidade de incidência e quanto ao seu impacto nos objetivos e metas traçados.

§ 2º Os riscos identificados devem ser avaliados com observância dos princípios de conservadorismo e prudência, sendo recomendável que as prováveis perdas sejam provisionadas, antes de efetivamente configuradas. (BRASIL, 2004).

Percebe-se que já no ano de 2004, o órgão regulador, à época, o Ministério da Previdência Social e o Conselho Geral de Previdência Complementar, se preocupava com a gestão de riscos nas entidades e com a previsão de perdas associadas a tais riscos.

Outra norma relevante para a gestão de risco do seguimento de fundos de pensão é a Resolução CMN nº 3.792/2009, que dispõe sobre as diretrizes de aplicação de recursos garantidores dos planos administrados pelas EFPC.

Em seu artigo 9º a Resolução estabelece que: “Na aplicação dos recursos, a EFPC deve identificar, avaliar, controlar e monitorar os riscos, incluídos os riscos de crédito, de mercado, de liquidez, operacional, legal e sistêmico, e a segregação de funções de gestão, administração e custódia”.

Fica evidente, mais uma vez, a preocupação do órgão regulador, nesse caso o Conselho Monetário Nacional, com os aspectos relacionados aos riscos enfrentados pelas entidades de previdência destacando-se, inclusive, conforme citado, o risco operacional.

Em agosto de 2010 a PREVIC, órgão regulador que sucedeu a SPC na regulação do setor, e que estão inseridas as Entidades Fechadas de Previdência Complementar, emitiu o Guia PREVIC Melhores Práticas em Fundos de Pensão, que mesmo sem ter um caráter normativo visa estabelecer critérios mínimos para a gestão dos fundos de pensão no Brasil.

O objetivo do Guia é orientar os dirigentes, participantes, assistidos, patrocinadores, instituidores e seus próprios servidores quanto ao dia a dia da gestão dos fundos de pensão.

No item 75 o Guia estabelece: “a gestão integrada de riscos é fundamental para a segurança e solidez das operações realizadas pelos fundos de pensão. A entidade deve manter uma estrutura apropriada para o gerenciamento de riscos”.

O item 77 destaca que

os integrantes dos Órgãos de governança devem reunir os conhecimentos necessários ao gerenciamento dos riscos que possam comprometer a realização dos objetivos da entidade, devendo estes serem continuamente identificados, avaliados, controlados e monitorados. Os riscos devem ser identificados por tipo de exposição, e avaliados quanto à probabilidade de incidência e quanto ao seu impacto nos objetivos e metas traçadas. (BRASIL, 2010).

O Guia PREVIC estabelece como riscos mais relevantes enfrentados pelos fundos de pensão: o risco de governança, o risco atuarial, o risco de contraparte, o risco de mercado, o risco de liquidez, o risco operacional e o risco legal.

Percebe-se, considerando a Resolução MPS/CGPC nº 13, a Resolução CMN nº 3.792 e o Guia PREVIC Melhores Práticas em Fundos de Pensão, que os órgãos reguladores do sistema de EFPC ainda tratam o tema risco de forma superficial e genérica sem determinar diretrizes específicas para a mensuração de tais riscos.

Tal fato faz com que os fundos de pensão venham aplicando modelos baseados principalmente em experiências das instituições financeiras, como bancos, por exemplo, que já contam com um arcabouço regulatório mais desenvolvido e em funcionamento há um tempo maior.

Entretanto, a utilização de modelos, baseados em instituições financeiras, pode não ser adequada para EFPC, considerando objetivos e particularidades operacionais, que mesmo com algumas coincidências, têm características distintas.

Vale destacar ainda que, diferentemente do que ocorre em instituições financeiras, o objetivo inicial da mensuração das perdas relacionadas aos riscos em EFPC não tem a finalidade de alocação de capital regulatório mínimo, por meio de provisionamento contábil. Tal perspectiva deve ser avaliada no momento da definição de um modelo que seja aplicado de forma adequada em uma EFPC.

CAPÍTULO 8

8 O MODELO DE DISTRIBUIÇÃO DE PERDAS AGREGADAS

O Método de Distribuição de Perdas ou *Loss Distribution Approach* (LDA) é um método estatístico/atuarial para computar distribuição de perdas agregadas (KLUGMAN; PANJER; WILLMOT, 1998).

A LDA foi citada pelo Comitê de Basiléia em 2001, no anexo seis do documento de consulta sobre riscos operacionais *Consultative Document – Operational Risk: Supporting Document to the New Basel Capital Accord*.

Conforme Queiroz (2008), A LDA supõe que os dados de perdas constituem o mais objetivo indicador de risco disponível. Na LDA busca-se a distribuição estatística das perdas baseando-se somente na série histórica observada. Outras variáveis como as causas das perdas e seus valores atuais não são considerados.

A LDA utiliza técnicas atuariais padrão para modelar o comportamento das perdas operacionais por meio da estimação de frequência e severidade para produzir uma estimativa de perdas esperadas e inesperadas.

Os passos descritos em seguida foram baseados em descrição feita por Queiroz (2008).

O primeiro passo da LDA é a separação da série de perdas em outras duas: a de frequência e a de severidade das perdas. A seguir, para cada uma das séries, estimam-se os parâmetros de distribuições estatísticas paramétricas. Para as duas séries, escolhe-se a distribuição que obtiveram a maior aderência aos dados, desde que uma aderência mínima tenha sido obtida, por meio de testes estatísticos de aderência.

Com as distribuições paramétricas de frequência e severidade realiza-se uma Simulação de Monte Carlos (SMC) para o cálculo da distribuição agregada de perdas, já que de forma geral não existe uma solução analítica para calculá-la. A partir da distribuição agregada é possível calcular o V@R operacional, a perda esperada e a perda inesperada.

8.1 SEPARAÇÃO EM FREQUÊNCIA E SEVERIDADE

Na LDA supõe-se que um evento de perda é função exclusiva de duas variáveis aleatórias independentes: frequência e severidade das perdas. A frequência é o numero de vezes que um evento de perda ocorre em um determinado período de análise. É, portanto, uma variável discreta. A severidade corresponde ao valor individual de cada perda no período de análise. Poderia ser considerada uma variável discreta, já que as perdas são computadas com precisão de centavos (segunda casa decimal), mas na LDA considera-se a severidade uma variável contínua. Seja P a variável aleatória das perdas totais, F a frequência das perdas e S a severidade das perdas. Então:

$$P = \sum_{i=1}^F S \quad \dots (1)$$

8.2 ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS

Para estimar os parâmetros das distribuições os métodos mais utilizados são: momentos, máxima verossimilhança e mínimos quadrados.

As distribuições contínuas paramétricas de severidade mais utilizadas são: Normal, Log-Normal, Exponencial, Gumbel, Pareto, Rayleigh, Cauchy, Weibull, Wald (normal inversa), Gama e Beta.

As distribuições discretas paramétricas de frequência mais utilizadas são Poisson, Binomial, Geométrica, Hipergeométrica, Binomial Negativa e Polya-Aeppli.

8.2.1 Método dos Momentos

O método dos momentos é um dos métodos mais simples e mais antigo conhecido. Ele consiste no equacionamento de momentos amostrais com momentos populacionais não observáveis de forma que ao resolvermos estas equações obtemos estimadores para os parâmetros.

Seja $E[X_i^r]$ o r-ésimo momento (populacional) de uma variável aleatória X_i , cuja função densidade de probabilidade $f(x|\vec{p})$ possui K parâmetros $\vec{p} = \{p_1, p_2, \dots, p_k\}$. $E[X_i^r]$ dependente de \vec{p} , isto é, $E[X_i^r] = E[X_i^r, \vec{p}]$. Seja:

$$m_r = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n x_i^r \quad \dots (2)$$

o r-ésimo momento amostral de uma amostra observada de X_i de n valores $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$. Os valores dos parâmetros $\vec{p}' = \{P'_1, P'_2, \dots, P'_k\}$ que satisfazem o conjunto de equações

$$\left\{ \begin{array}{l} E[X_i^1, \vec{p}'] = m_1 \\ E[X_i^2, \vec{p}'] = m_2 \\ \vdots \\ E[X_i^k, \vec{p}'] = m_k \end{array} \right. \quad \dots (3)$$

são os estimadores dos parâmetros \vec{p} de $f(x|\vec{p})$ pelo método dos momentos.

Como exemplo, suponha a distribuição de *Poisson*, cuja função densidade de probabilidade depende de um único parâmetro, λ : $f(x|\lambda) = \lambda \times e^{-\lambda \times x}$. O conjunto de equações se resume a uma única neste caso:

$$E[X] = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n x_i = \bar{X} \quad \dots (4)$$

$E[X]$ pode ser calculado pela função densidade de probabilidade de X :

$$E[X] = \int_{-\infty}^{+\infty} x \times f(x) \times dx = \frac{1}{\lambda} \quad \dots (5)$$

Assim, o estimador de λ segundo o Método dos Momentos é:

$$\lambda' = \frac{1}{\bar{X}} \quad \dots (6)$$

8.2.2 Método da Máxima Verossimilhança

Seja $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ uma amostra de n valores de uma distribuição de parâmetros $\vec{p} = \{P_1, P_2, \dots, P_k\}$ e função densidade probabilidade $f(x_i|\vec{p})$. A função de verossimilhança de X com relação à amostra é dada por:

$$L(\vec{p}) = \prod_{i=1}^n f(x_i|\vec{p}) \quad \dots (7)$$

Os estimadores $\vec{p}' = \{P'_1, P'_2, \dots, P'_k\}$ do conjunto de parâmetros \vec{p} de $f(x_i|\vec{p})$ são aquelas que maximizam a função de verossimilhança $L(\vec{p})$.

8.2.3 Método dos Mínimos Quadrados

Seja $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ uma amostra de n valores de uma distribuição de parâmetros $\vec{p} = \{P_1, P_2, \dots, P_k\}$ e função distribuição acumulada $F(x_i|\vec{p})$. Os estimadores $\vec{p}' = \{P'_1, P'_2, \dots, P'_k\}$ do conjunto de parâmetros \vec{p} de $F(x_i|\vec{p})$ são aqueles que minimizam a função

$$M = \sum_{i=1}^n \left(F(x_i|\vec{p}) - \frac{2 \times i - 1}{2 \times n} \right)^2 \quad \dots (8)$$

8.3 TESTE DE ADERÊNCIA

Para verificar a aderência entre a distribuição paramétrica teórica e a distribuição empírica (dos dados históricos), utiliza-se o teste do Qui-quadrado (χ^2) para as distribuições discretas e os testes de Anderson-Darling (AD) e Kolmogorov-Smirnov (KS) para as distribuições contínuas. Os testes de aderência são testes de hipóteses cuja hipótese nula é que a distribuição empírica é igual à distribuição teórica paramétrica estimada.

Outras ferramentas utilizadas na verificação de aderência são os gráficos QQ-plot e PP-plot (verificação visual).

8.3.1 Teste do Qui-Quadrado (χ^2)

Essa forma de teste de aderência foi desenvolvida por Karl Pearson e baseia-se na estatística:

$$\chi^2_v = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad \dots (9)$$

, onde:

χ^2_v é a estatística do teste, com v graus de liberdade;

O_i é a frequência observada dos dados empíricos de classe i ;

E_i é frequência esperada, segundo a distribuição paramétrica teórica da classe i ;

K é o número de classes ou valores considerados.

Pearson mostrou que, se a hipótese nula for verdadeira e se todas as classes i forem tais que $E_i \geq 5$, a estatística acima definida terá aproximadamente distribuição (χ^2) com $v=k-1-m$ graus de liberdade, sendo k o número de classes e m o número de parâmetros estimados independentemente a partir da amostra. Caso existam classes com $E_i < 5$, essas deverão ser fundidas com classes adjacentes.

O cálculo de frequências esperadas é feito por meio da expressão $E_i = n X P_i$, onde P_i é a probabilidade, segundo a distribuição teórica, de se obter o valor da variável na classe considerada, e n é o número de elementos da amostra.

O teste é unilateral, sendo que a hipótese nula será rejeitada se $X_v^2 \geq X_{v,\alpha}^2$, sendo $X_{v,\alpha}^2$ o valor crítico para o nível de significância α . O nível de significância corresponde à probabilidade de cometermos o erro de rejeitar a hipótese nula quando ela é verdadeira.

Alternativamente ao invés de trabalharmos com valores críticos podemos trabalhar com o conceito de p-valor. O p-valor corresponde à probabilidade de uma variável com distribuição qui-quadrado com v graus de liberdade ser maior que q estatística do teste de aderência:

$$p - \text{valor} = P(x^2 > x_v^2) \quad \dots (10)$$

Ou seja, para qualquer nível de significância maior que o p-valor a hipótese nula é rejeitada. Quanto mais próximo de 1 o valor do p-valor menor a chance de rejeitarmos a hipótese nula.

8.3.2 Teste Kolmogorov-Smirnov

Kolmogorov-Smirnov desenvolveram um método para testar aderência, em que a variável de teste é a maior diferença observada entre a função distribuição de probabilidades (acumulada) do modelo e a da amostra. A estatística do teste é simplesmente

$$KS = \max |F_e(x) - F_t(X)| \quad \dots (11)$$

, onde:

$F_e(x)$ é a função distribuição acumulada empírica (das amostras)

$F_t(X)$ é a função distribuição acumulada teórica (da distribuição teórica)

A estatística KS do teste pode ser comparada como valores críticos tabelados (em função do tamanho amostral e nível de significância). Se KS for maior que o valor crítico a hipótese nula é rejeitada. O p-valor do teste de Kolmogorov-Smirnov pode ser calculado por simulação numérica.

8.3.3 Teste de Anderson-Darling

O Teste de Anderson-Darling é uma modificação do teste de Kolmogorov-Smirnov. Enquanto o teste de Kolmogorov-Smirnov consiste em obter a máxima discrepância entre as funções de distribuição de probabilidade teórica e empírica, o de Anderson-Darling considera a discrepância em todo o domínio da função distribuição de probabilidade. Além disso, este teste dá mais peso a calda da distribuição. A estatística do teste é dada por:

$$AD = n \times \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{(F_e(x) - F_t(x))^2}{(F_t(x) \times (1 - F_t(x)))} \times f_t(x) \times dx \quad \dots (12)$$

, onde:

$F_e(x)$ é a função distribuição acumulada empírica (das amostras)

$F_t(X)$ é a função distribuição acumulada teórica.

$f_t(X)$ é a função densidade de probabilidade teórica.

Para um conjunto de amostras crescentemente ordenado $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ pode-se escrever AD como:

$$AD = -n - \sum_{i=1}^n \frac{(2 \times i - 1)}{n} \times [\ln(F_t(x_i)) + \ln(1 - F_t(x_{n+1-i}))] \quad \dots (13)$$

O teste de Anderson-Darling é mais sensível que o teste de Kolmogorov-Smirnov, mas possui desvantagem de que valores críticos são dependentes da distribuição teórica do teste. O p-valor do teste pode ser calculado por simulação numérica.

8.4 CÁLCULO DA DISTRIBUIÇÃO AGREGADA – SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

Método de Monte Carlo compõe uma classe de algoritmos computacionais para a simulação do comportamento de vários sistemas físicos e matemáticos. Eles fornecem soluções aproximadas para uma variedade de problemas, realizando experimentos de amostragem estatística em computadores e se distinguem de outros métodos de simulação por

serem estocásticos (não determinístico de alguma forma), geralmente, utilizando números pseudo-aleatórios. O uso desse método ocorre em diversas áreas, sendo um exemplo clássico, o seu uso no cálculo de integrais definidas, particularmente integrais multidimensionais com condição de contorno complicadas.

Na LDA, a partir das distribuições estatísticas de frequência e severidade pode-se obter a distribuição agregada de perdas para o cálculo do V@R operacional. Não existe de modo geral uma solução analítica para a distribuição agregada de perdas. Uma SMC fornece uma forma simples de obtermos essa distribuição.

A SMC utilizada em risco operacional requer somente um bom gerador de números pseudo-aleatórios e poder computacional. O algoritmo consiste na repetição de um número n grande (por exemplo $n=10.000$) de vezes dos três passos seguintes:

- gera-se um número f segundo a distribuição de frequência das perdas;
- gera-se f números $\{s_1, s_2, \dots, s_f\}$ segundo a distribuição de severidade das perdas;
- calcula-se a amostra simulada de perdas agregadas: $p = \sum_{i=1}^f S_i$.

O número n de simulações deve ser suficientemente grande para que a distribuição agregada seja povoada com um número grande de pontos. Para calibrar o número de simulações, inicialmente, calcula-se o V@R para um número inicial de simulações, por exemplo, 10.000. A seguir aumenta-se n e calcula-se novamente o V@R. Se a diferença entre os dois valores de V@r obtidos for superior a um determinado ϵ , aumenta-se ainda mais o valor de n e recalcula-se o V@R, aceitando-se o V@R obtido quando a diferença for menor que ϵ .

8.5 CÁLCULO DO V@R OPERACIONAL

Ao final da SMC, teremos n amostras simuladas de perdas $\{P_1, P_2, \dots, P_n\}$, representando a sua distribuição agregada. Ordenado essa amostra de forma crescente, $\{P'_1, P'_2, \dots, P'_n\}$, podendo obter o V@R operacional diretamente por meio do ponto correspondente ao percentil desejado. Por exemplo, se $n=1.000$ o V@R com 99% de confiança é P_{991} (o valor de P_{990} é o divisor entre 89,9% e 99%, de forma conservadora utiliza-se P_{991}).

CAPÍTULO 9

9 FERRAMENTA UTILIZADA PARA TRATAMENTO DOS DADOS E MODELAGEM ESTATÍSTICA

Para a modelagem estatística da base de dados foi utilizado o *software* SAS – Statistical Analysis System.

O SAS é um *software* integrado para análise de dados, que consiste em vários produtos que permite:

- Recuperação de dados;
- Gerenciamento de arquivos;
- Análise estatística;
- Acesso a banco de dados (ORACLE, DB2 etc.);
- Geração de gráficos;
- Geração de relatórios;
- Geração de aplicativos.

É um *software* de grande portabilidade, podendo operar em diversos ambientes computacionais:

- Mainframes IBM (CMS, MVS, OS, OS/390, Z/OS);
- DIGITAL (VMS, Open VMS);
- Micros PC (DOS, Windows, OS/2, Apple);
- UNIX (Solaris, AIX, HP-UX, Irix, Linux).

A funcionalidade do Sistema SAS foi construída em torno de quatro ideias básicas no tratamento de dados: Acessar dados; Administrar dados; Analisar dados e Apresentar os dados.

CAPÍTULO 10

10 APLICAÇÃO DO MODELO EM UMA EFPC

10.1 MONTAGEM E TRATAMENTO DA BASE DE PERDAS

A montagem adequada da base de perdas operacionais tem papel de extrema relevância para a modelagem estatística, de modo que a previsão de perdas possa refletir a realidade da EFPC. Uma avaliação minuciosa dos eventos que compõem a base de perdas deve ser feita de forma a garantir que esses representem, de fato, eventos de risco operacional, a frequência avaliada de forma correta e a severidade mensurada adequadamente.

10.1.1 Montagem da Base de Perdas Operacional

A montagem da base de perdas, que será utilizada na aplicação do modelo proposto, obedeceu a critérios específicos que consideraram as especificidades das EFPC's. A seguir será apresentada de forma detalhada a metodologia para essa montagem.

10.1.1.1 Origem dos dados

A coleta de dados pode ser proveniente de diversas fontes, das quais se destacam:

- Relatórios de Auditoria Interna;
- Relatórios de Auditoria Externa;
- Documentos oficiais emitidos pela Diretoria Executiva, Conselho Fiscal e Deliberativo;
- Documentos gerenciais emitidos pelas áreas gestoras;
- Registros Contábeis.

Ressalta-se que a maior parte dos dados utilizados na base de perdas será proveniente dos Registros Contábeis da instituição que é a fonte de dados que merece maior atenção na coleta.

Inicialmente, é conveniente identificar quais contas contábeis possuem maior potencial de conter registros de perdas operacionais. Para essa avaliação foi utilizado o Plano de Contas das EFPC, conforme Instrução MPS/CNPC nº 08, de outubro de 2011, que estabelece normas específicas para os procedimentos contábeis das EFPC's.

Com base nessa análise, foram definidas as contas contábeis que devem ser usadas para a montagem da base de perdas operacionais bem como o tipo de tratamento a ser realizado para cada uma delas, que são:

- ✓ 1.2.3.6.01.09 – Provisão Investimentos Imobiliários – Terrenos
- ✓ 1.2.3.6.04.02.09 – Provisão Investimentos Imobiliários – Locadas a Patrocinador(es)
- ✓ 1.2.3.6.04.03.09 – Provisão Investimentos Imobiliários – Locadas a Terceiros
- ✓ 1.2.3.6.04.04.02.09 – Provisão Investimentos Imobiliários – Complexo Hoteleiro
- ✓ 1.2.3.6.05.09. – Provisão Investimentos Imobiliários – Direitos em Alienações
- ✓ 1.2.3.7.01.09 – Provisão Operação com Participantes - Empréstimos
- ✓ 1.2.3.7.02.09 – Provisão Operação com Participantes – Financiamentos Imobiliários
- ✓ 2.2.1.1.01 – Exigível Contingencial – Ações de Benefícios.
- ✓ 2.2.2.1.01 – Exigível Contingencial – Gestão Administrativa
- ✓ 2.2.3.1.01 - Exigível Contingencial – Investimentos
- ✓ 4.2.1.1.04.01.03.02 – Honorários Advocatícios
- ✓ 4.2.1.1.04.02.03.02 – Honorários Advocatícios
- ✓ 4.2.1.1.05.06 – Custas e Custos Judiciais
- ✓ 4.2.1.1.05.99.02 – Multas e Penalidades
- ✓ 4.2.1.2.05.06 – Custas e Custos Judiciais
- ✓ 4.2.1.2.05.99.02 – Multas e Penalidades
- ✓ 4.2.2.1.04.01.02.02 – Honorários Advocatícios
- ✓ 4.2.2.1.04.02.02.02 – Honorários Advocatícios
- ✓ 4.2.2.1.04.02.03.02 – Honorários Advocatícios
- ✓ 4.2.2.1.05.06 – Custas e Custos Judiciais

- ✓ 4.2.2.1.05.99.02 – Multas e Penalidades
- ✓ 4.2.2.2.04.02.03.02 – Honorários Advocatícios
- ✓ 4.2.2.2.05.06 – Custas e Custos Judiciais
- ✓ 4.2.2.2.05.06.04 – Multas e Penalidades
- ✓ 4.2.9.1.04.02.03.02 - Honorários Advocatícios
- ✓ 4.2.9.05.06 – Custas e Custos Judiciais
- ✓ 4.2.9.1.05.99.02 – Multas e Penalidades
- ✓ 4.2.9.2.05.06 – Custas e Custos Judiciais

As contas contábeis, citadas anteriormente, são as contas básicas em que os lançamentos, geralmente, representam registros de perdas operacionais, entretanto, outras contas contábeis podem conter esses registros. Para tanto, com auxílio da área de contabilidade, deve-se avaliar, considerando a realidade de cada EFPC, quais contas contábeis possuem potencial de registros de eventos de perdas operacionais.

Após a seleção das contas contábeis, faz-se necessário seguir os seguintes passos:

- extração dos razões contábeis de todas as contas que serão avaliadas, utilizando o sistema de contabilidade da instituição;;
- os razões devem conter: data, histórico e valor do evento;
- avaliação do histórico para confirmar se o lançamento representa de fato em evento de perda operacional;
- solicitação de auxílio à área gestora que deu origem ao evento, caso o histórico seja insuficiente para a análise.

Após a etapa de definição dos dados, as perdas devem ser classificadas, de modo que os eventos de perda sejam avaliados isoladamente, de acordo com a sua natureza. Diferentemente das instituições financeiras, onde as perdas são classificadas de acordo com o evento de perda e com a linha de negócio, não parece eficiente a classificação de perdas operacionais em EFPC em linhas de negócio por vários motivos. Destacam-se:

- 1º Não existe, na literatura atual e tampouco na legislação, uma definição de um conceito para linha de negócio em uma EFPC;
- 2º Em uma EFPC toda entidade, independente da área de atuação, está sujeita aos mesmos riscos operacionais. Pode-se citar como exemplo: Falta de normatização – dificilmente uma área terá todo o processo normatizado, enquanto outra não possuirá norma nenhuma; Sistema ineficiente – em geral toda entidade utiliza o mesmo sistema de forma integrada;

3º Muitas vezes não é possível identificar de maneira objetiva a origem da perda.

4º Agregar a perda pelo evento de perda e também pela linha de negócio pode dificultar e até mesmo inviabilizar a modelagem estatística da base, considerando que uma EFPC possui um número reduzido de eventos de perdas, se compararmos com uma instituição financeira, e quanto mais agregada a base menor a representatividade dos eventos a serem avaliados.

Tendo como base o descrito anteriormente e com objetivo de utilizar a informação da mensuração do risco operacional de forma gerencial e integrada com os outros riscos enfrentados pelas EFPC, em especial, o risco de liquidez, o risco de contraparte e o risco atuarial, propõe-se que a base de perdas, utilizada nesse trabalho, seja classificada em cinco grupos de eventos de perdas que são:

- Perdas Com Imóveis – Representam as perdas operacionais relacionadas aos investimentos imobiliários da EFPC;
- Perdas com Operação com Participantes – Representam as perdas operacionais relacionadas aos investimentos de empréstimos a participantes e financiamento imobiliário;
- Multas e Penalidades – Representam as perdas operacionais relacionadas às multas e penalidades sofridas pela EFPC;
- Contencioso Jurídico Provisão – Representam as perdas operacionais com ações judiciais que não possuem desembolso imediato de recursos financeiros onde a perda é registrada por meio de uma provisão contábil;
- Contencioso Jurídico Financeiro – Representam as perdas operacionais com ações judiciais que possuem desembolso imediato de recursos financeiros como honorários advocatícios e custas judiciais.

10.1.1.2 Problemas na utilização da base de perdas operacionais extraídas das informações contábeis

Para a utilização da base de perdas extraídas das informações contábeis das EFPC, algumas questões devem ser observadas de modo que o tratamento seja realizado antes da etapa de modelagem estatística.

Os aspectos que devem ser observados e tratados são:

- Dados agregados: dados podem ter sido contabilizados de forma agregada, por se tratar de evento de características parecidas; inadimplência de imóveis, por exemplo. Esse fato terá impacto na frequência da perda e deve ser tratado de modo que o registro represente o número correto de eventos;
- Dados desagregados: dados podem ter sido contabilizados de forma desagregada, pode ter ocorrido uma segregação por centro de custo, por exemplo, entretanto, o evento de perda foi apenas 1. Esse fato terá impacto na frequência da perda e os lançamentos devem ser agregados;
- Frequência dos lançamentos: por se tratar de informações contábeis de diferentes características, alguns lançamentos podem ser realizados mensalmente e outros diariamente. Para tanto, estabelece-se um critério de modo que o tratamento seja realizado de maneira mensal ou diária.
- Critérios de contabilização: alguns critérios de contabilização podem passar por mudanças no decorrer do tempo, como critérios de provisionamento do contencioso jurídico, por exemplo. Caso ocorram mudanças de critérios, as bases de dados devem ser modeladas de forma separada, considerando cada critério de contabilização utilizado.
- Contabilização errada: lançamentos contábeis podem ter sido realizados de forma equivocada ou em contas contábeis erradas, podendo dessa forma ter impacto na severidade e frequência das perdas avaliadas. Uma análise minuciosa de todos os lançamentos contábeis que compõem a base de perdas deve ser realizada antes da etapa de modelagem estatística.
- Lançamentos de segregação entre planos/rateio da despesa administrativa e encerramento do resultado: esses lançamentos devem ser desconsiderados quando da montagem da base de perdas, considerando que são lançamentos derivados dos lançamentos de perdas originais.

10.1.2 Base de Perdas Utilizada

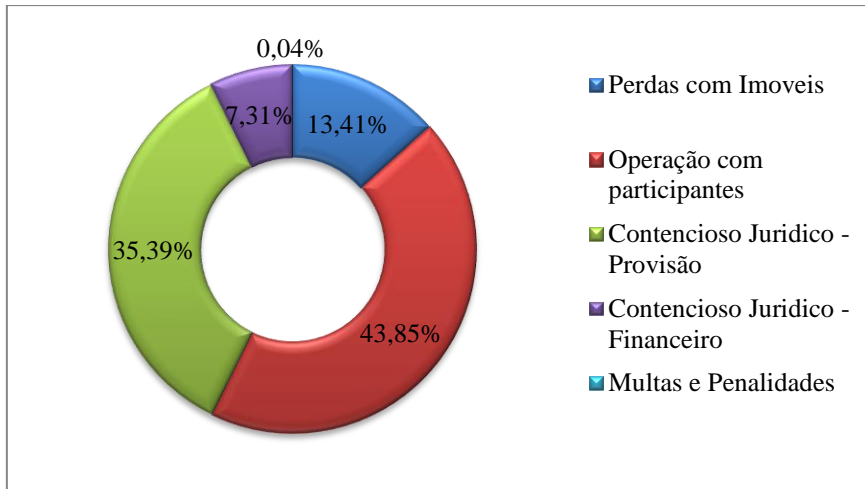
Para a realização desse trabalho foram utilizados dados reais extraídos das informações contábeis da Fundação dos Economiários Federais (FUNCEF) – fundo de pensão dos funcionários da CAIXA e 3^a maior EFPC do Brasil com patrimônio em julho de 2012 de aproximadamente R\$ 50 Bilhões.

Para que seja mantida a confidencialidade dos dados das perdas, toda a base de perdas e também os resultados de V@R serão multiplicados por um fator K , de modo que os valores da base de perdas e V@R apresentados nos resultados do modelo não representem o V@R real da Fundação.

10.1.2.1 Estatísticas da base de perdas utilizada

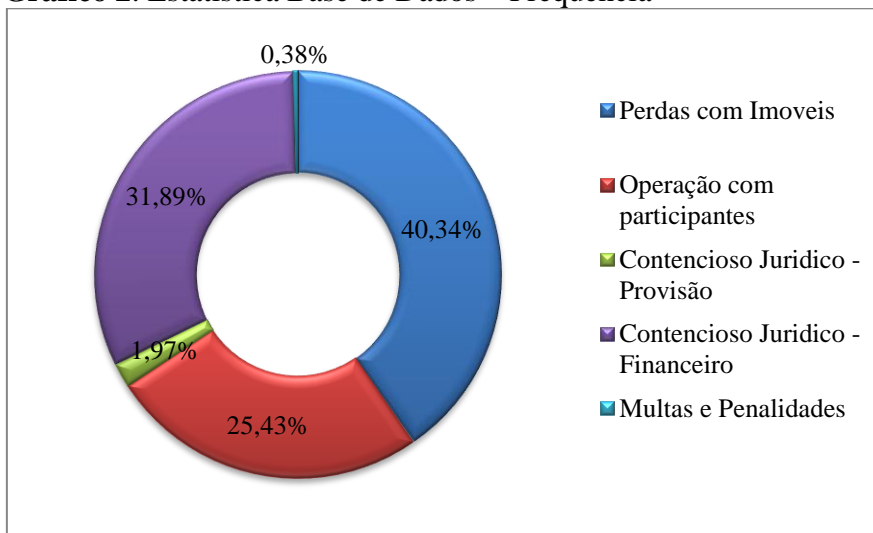
A base de perdas utilizada foi montada com informações referentes aos anos de 2008, 2009, 2010 e 2011, com aproximadamente 34.000 registros de eventos de perdas operacionais, classificadas conforme foi descrito anteriormente : Perdas com Imóveis, Perdas com Operação com Participantes, Multas e Penalidades, Contencioso Jurídico Provisão e Contencioso Jurídico Financeiro.

Em relação à severidade das perdas 43,85% são relativas a Perdas com Operação com Participantes, 35,39% são relativas a perdas com o Contencioso Jurídico Provisão, 13,41% são Perdas com Imóveis, 7,31% perdas com Contencioso Jurídico Financeiro e 0,04% perdas com Multas e Penalidades. Essa divisão é mostrada, a seguir, no gráfico 1.

Gráfico 1. Estatística Base de Dados – Severidade

Fonte: Autor

Em relação à frequência das perdas 40,34% das perdas são relativas a Perdas com Imóveis, 25,43% relativas à Operação com Participantes, 31,89% das perdas são relativas a Contencioso Jurídico Financeiro, 1,97% referentes a Contencioso Jurídico Provisão e 0,38% das perdas são relativas a Multas e Penalidades. Essa divisão é mostrada, a seguir, no gráfico 2.

Gráfico 2. Estatística Base de Dados – Frequência

Fonte: Autor

10.1.3 Tratamento da Base de Perdas

Conforme descrito anteriormente, é necessária a realização do tratamento da base de perdas antes da realização da modelagem estatística, de modo que os dados modelados possam ser de fato representativos da realidade da Fundação.

Com esse objetivo procedeu-se uma análise dos dados segregados por grupo de evento de perda para que fosse avaliado se algum dos problemas destacados no item 10.1.1.2 ocorreram e, caso tenham ocorrido, seja realizado o ajuste.

CAPÍTULO 11

11 RESULTADOS

Este capítulo tem por objetivo apresentar os resultados após a aplicação do modelo de perdas agregadas em uma EFPC.

Os resultados serão apresentados por evento de perda, conforme tipologia definida no item 10.1.1.1 e serão estruturados da seguinte forma:

- Escolha da distribuição de severidade.
- Escolha da distribuição de frequência.
- Processamento da SMC para a definição da distribuição de perdas agregada.
- Cálculo do V@R operacional.
- *Backtest*

11.1 RESULTADOS PARA EVENTO DE PERDA CONTENCIOSO JURÍDICO FINANCEIRO

O evento de perdas Contencioso Jurídico Financeiro são as perdas relacionadas às ações judiciais que possuem, efetivamente, desembolso financeiro tais como gastos com honorários advocatícios e custas judiciais.

A base observada possui 10.840 registros com informações relativas aos anos de 2008, 2009, 2010 e 2011.

|

11.1.1 Modelo de Severidade – Escolha da Distribuição

Para a definição da distribuição de severidade a ser utilizada, foram aplicados os testes de aderência descritos no item 8.3 e apresentados na tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Teste de aderência distribuição de severidade – Contencioso Jurídico Financeiro

VarName	Histogram	Distribution	Test	TestLab	Stat	pType	pSign	pValue
VALOR	1	Normal	Kolmogorov-Smirnov	D	0,392993328	Pr>D	<	0,01
VALOR	1	Normal	Cramer-von Mises	W-Sq	313,8981186	Pr>W-Sq	<	0,005
VALOR	1	Normal	Anderson-Darling	A-Sq	1510,883336	Pr>A-Sq	<	0,005
VALOR	1	Lognormal	Kolmogorov-Smirnov	D	0,092911996	Pr>D	<	0,01
VALOR	1	Lognormal	Cramer-von Mises	W-Sq	13,99016149	Pr>W-Sq	<	0,005
VALOR	1	Lognormal	Anderson-Darling	A-Sq	76,17730778	Pr>A-Sq	<	0,005
VALOR	1	Exponential	Kolmogorov-Smirnov	D	0,435012759	Pr>D	<	0,001
VALOR	1	Exponential	Cramer-von Mises	W-Sq	501,0257495	Pr>W-Sq	<	0,001
VALOR	1	Exponential	Anderson-Darling	A-Sq	3270,9662	Pr>A-Sq	<	0,001
VALOR	1	Weibull	Cramer-von Mises	W-Sq	37,58852379	Pr>W-Sq	<	0,01
VALOR	1	Weibull	Anderson-Darling	A-Sq	211,8406454	Pr>A-Sq	<	0,01
VALOR	1	Rayleigh	Kolmogorov-Smirnov	D	0,749743698	Pr>D		0
VALOR	1	Rayleigh	Cramer-von Mises	W-Sq	1469,515762	Pr>W-Sq		0
VALOR	1	Pareto	Kolmogorov-Smirnov	D	0,067072344	Pr>D		0
VALOR	1	Pareto	Cramer-von Mises	W-Sq	7,110454809	Pr>W-Sq		0
VALOR	1	Pareto	Anderson-Darling	A-Sq	49,33988237	Pr>A-Sq		0
VALOR	1	Gumbel	Kolmogorov-Smirnov	D	0,311187519	Pr>D		0
VALOR	1	Gumbel	Cramer-von Mises	W-Sq	220,470051	Pr>W-Sq		0

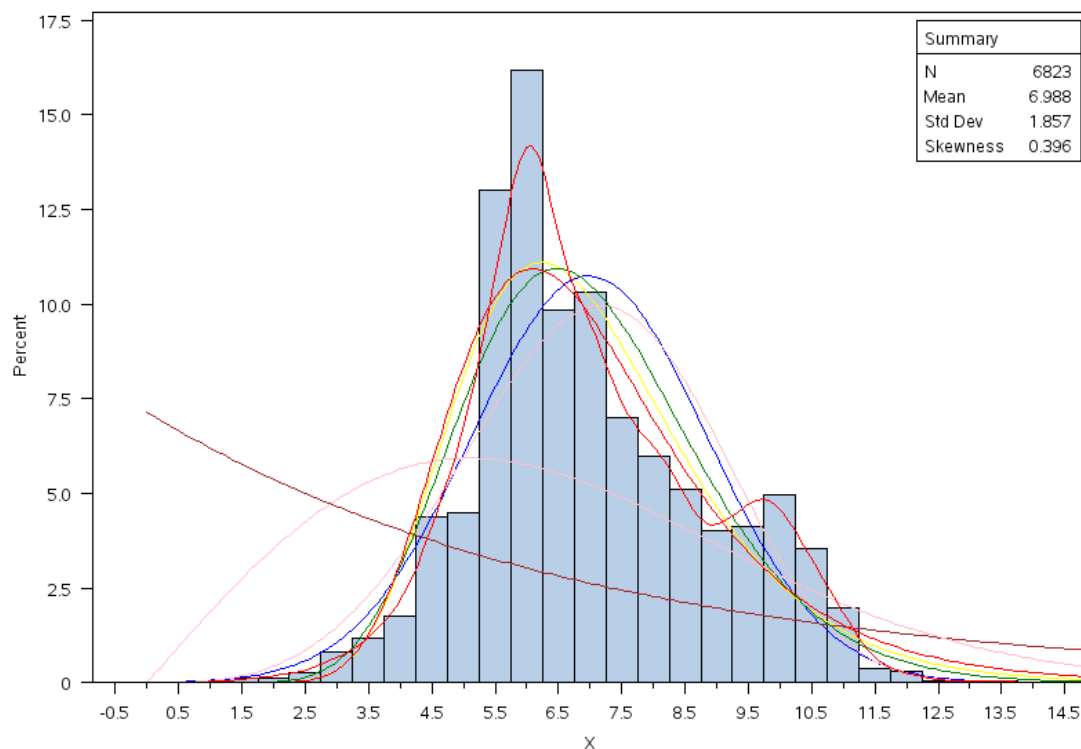
Fonte: Autor

Percebe-se que os testes de aderência aplicados não foram significativos para nenhuma das distribuições, considerando os resultados para o p-valor.

Inicialmente, pensou-se na hipótese, com base nos resultados dos testes de aderência, em usar a distribuição Lognormal, considerando que esta obteve o melhor resultado observando o p-valor mesmo este não sendo significativo.

Para a verificação dessa hipótese, aplicou-se o teste de aderência, considerando a distribuição do logaritmo da severidade. O resultado esperado seria um ajuste significativo para uma distribuição normal. O gráfico 3 representa o resultado.

Gráfico 3 – Histograma para logaritmo da severidade – Contencioso Jurídico Financeiro
Histograma para logaritmo da severidade.



Fonte: Autor

Percebe-se que nenhuma das distribuições se ajusta de forma eficiente, inclusive a distribuição normal, fato que em princípio descarta a utilização da distribuição Lognormal para a modelagem de severidade.

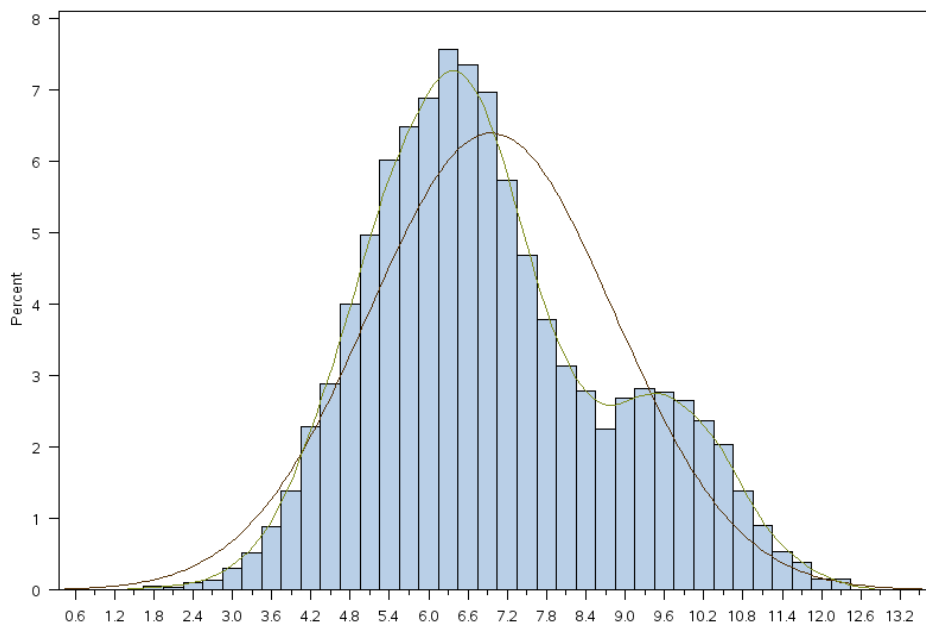
Objetivando um ajuste melhor para a modelagem de severidade, pensou-se em um modelo híbrido de distribuição. Dessa forma, utilizou-se a junção de duas distribuições normais de modo que:

$$P_1 f_1\left(\frac{X_i}{\vec{p}}\right) + P_2 f_2\left(\frac{X_i}{\vec{p}}\right) \quad \dots (14)$$

Assim sendo, chegou-se a uma distribuição Lognormal Bimodal em que o resultado de aderência pode ser observado no gráfico 4 a seguir:

Gráfico 4 – Histograma para logaritmo da severidade distribuição híbrida – Contencioso Jurídico Financeiro

Histograma para logaritmo da distribuição híbrida.



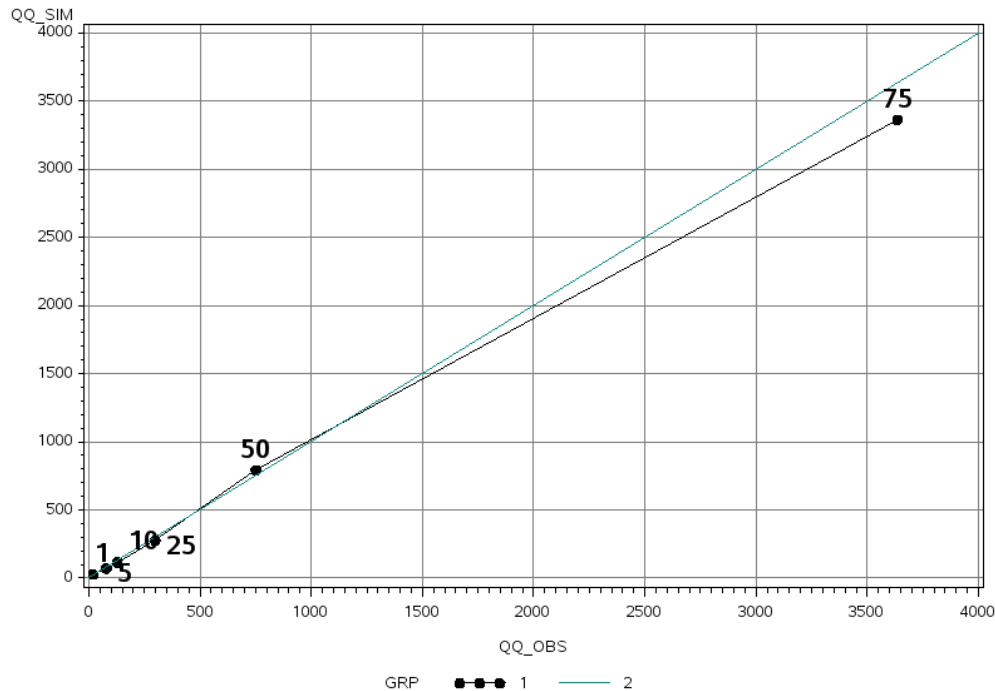
Fonte: Autor

Percebe-se com base no gráfico 4, que a distribuição normal tem ajuste pouco eficiente, enquanto que a distribuição híbrida se ajusta de forma bastante satisfatória, acompanhando a dinâmica de perdas empíricas da Fundação.

A distribuição híbrida gerada possui os seguintes parâmetros: $P = 0.7947516632$, $M1 = 6.2738612263$, $M2 = 9.7518264432$, $S1 = 1.2794547478$ e $S2 = 0.9210745827$. Os parâmetros foram estimados com base no Método da Máxima Verossimilhança.

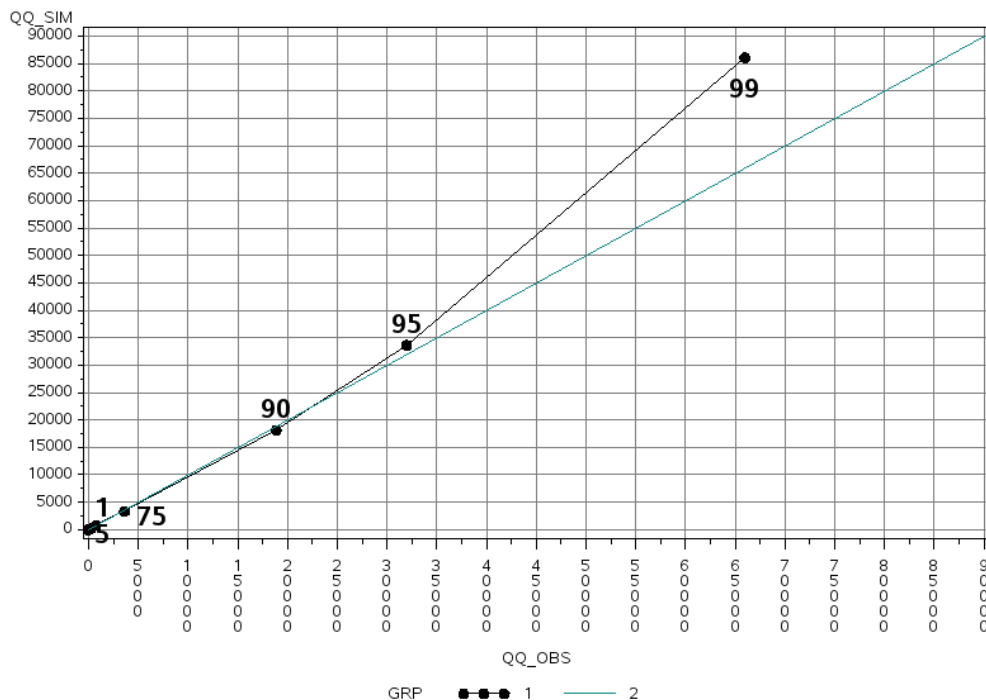
Para a confirmação da aderência da distribuição híbrida proposta para severidade, gerou-se o gráfico 5 QQ-PLOT abaixo: Para uma melhor visualização dividiu-se a representação em duas partes de modo que a primeira vai até o percentil 75 e a segunda até o percentil 99.

Gráfico 5 – QQ-PLOT distribuição híbrida de severidade – Contencioso Jurídico Financeiro
Ajuste QQ-PLOT Distribuição híbrida para severidade $p < 75\%$



Fonte: Autor

Ajuste QQ-PLOT Distribuição híbrida para severidade



Fonte: Autor

Percebe-se que a severidade observada e a severidade simulada são similares até o percentil 95 ocorrendo um deslocamento aceitável no percentil 99.

11.1.2 Modelo de Frequência – Escolha da Distribuição

Para a definição da distribuição de frequência a ser utilizada foram aplicados os testes de aderência descritos no item 8.3.

Percebeu-se, aplicando, especificamente, o teste de aderência Kolmogorov-Smirnov, que a distribuição de Frequência Binomial Negativa tem um ajuste aceitável conforme demonstrado na tabela 2 abaixo:

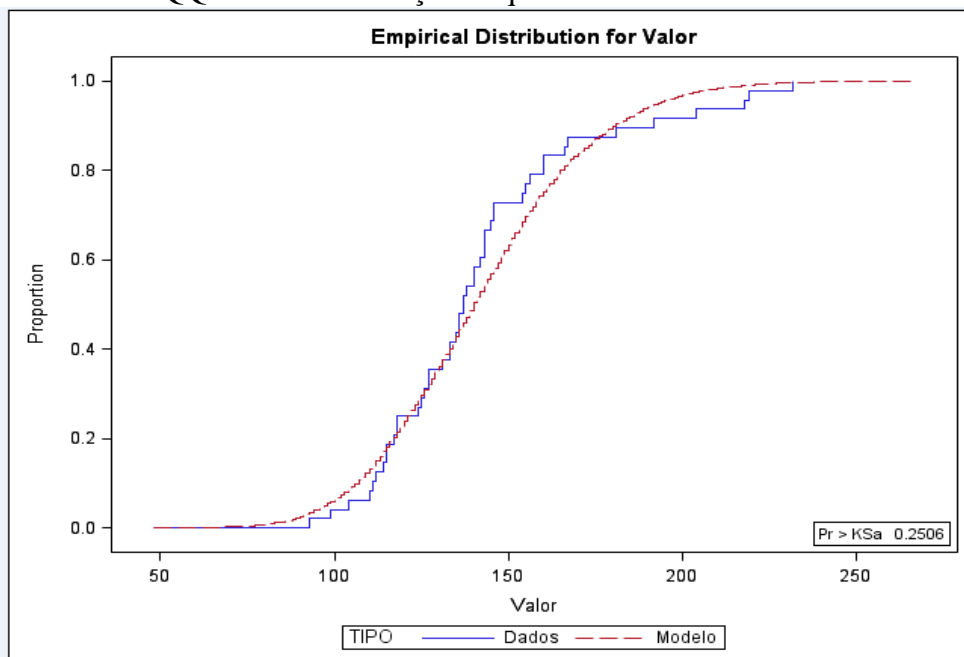
Tabela 2 – Teste de aderência distribuição de frequência – Contencioso Jurídico Financeiro

Teste	Estatística	p-valor
\underline{D}	0.147367	0,147366667
$\underline{P_KSA}$	0.2506	0,250649135

Fonte: Autor

É possível visualizar de maneira mais evidente, observando-se o gráfico 6 abaixo:

Gráfico 6 – QQ-PLOT distribuição frequência – Contencioso Jurídico Financeiro

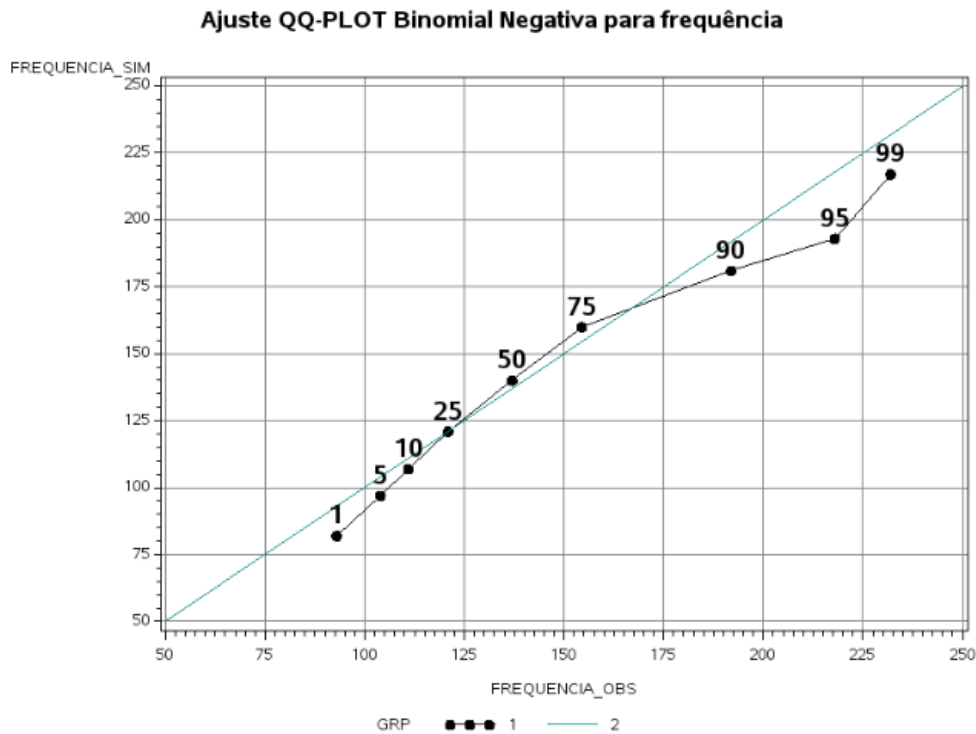


Fonte: Autor

Pode-se verificar que a frequência dos dados observados tem uma aderência bastante aceitável se comparada a frequência do modelo proposto.

Por fim, gerou-se o QQ-PLOT para a frequência como forma de testar a aderência da distribuição de maneira gráfica, conforme gráfico 7 abaixo:

Gráfico 7 – QQ-PLOT distribuição frequência – Contencioso Jurídico Financeiro



Fonte: Autor

É possível perceber que a frequência observada e a frequência simulada possuem certa aderência de modo e que a hipótese de utilização da distribuição Binomial Negativa se mostra aceitável.

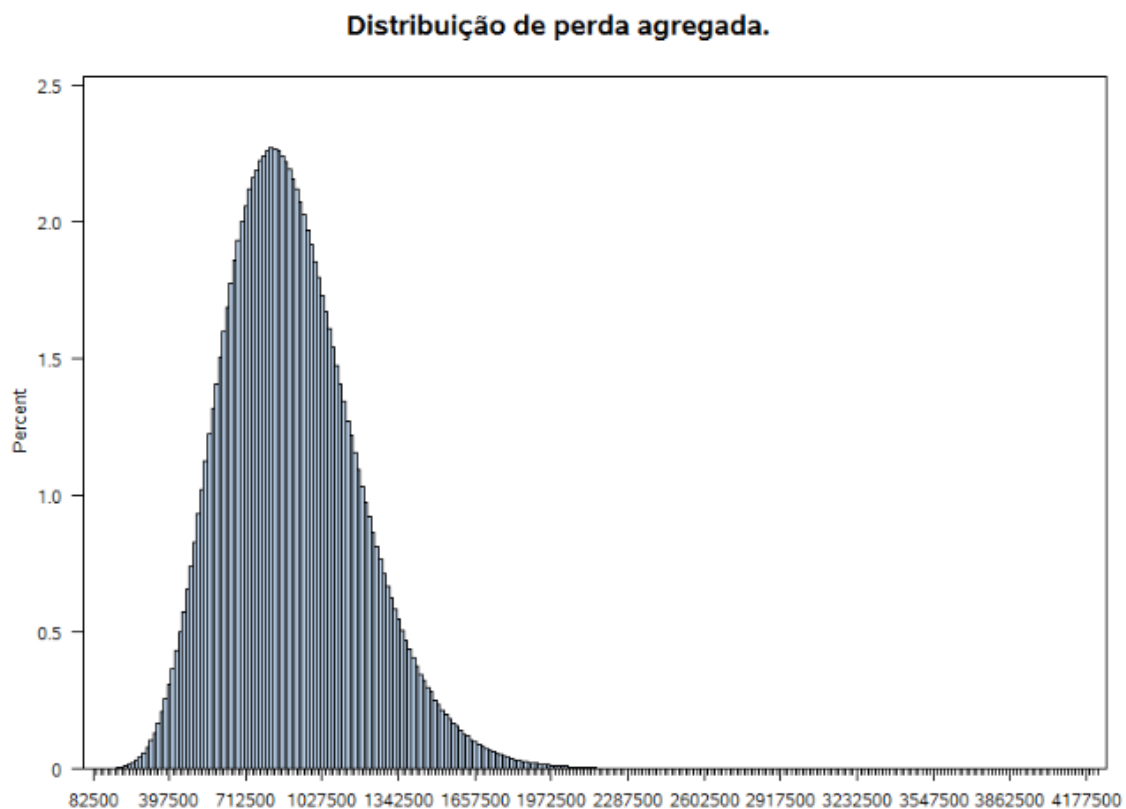
A distribuição Binomial Negativa utilizada possui os seguintes parâmetros: $P = 0.16$ e $N = 33,00$. Os parâmetros foram estimados com base no Método da Máxima Verossimilhança.

11.1.3 Cálculo da Distribuição de Perdas Agregadas Utilizando a Simulação de Monte Carlo

Para a definição da distribuição de perdas agregadas foi gerada em SAS 10.000 simulações com amostras de tamanho 1.000, totalizando 10.000.000 de cenários do modelo.

A distribuição de perdas agregadas [pode](#) ser visualizada no gráfico 8 abaixo:

Gráfico 8 – Distribuição de perdas agregada – Contencioso Jurídico Financeiro



Fonte: Autor

11.1.4 V@R Operacional Calculado

Para a definição do V@R Operacional foi calculado, com base na distribuição agregada, a perda máxima esperada com os seguintes níveis de confiança: 1%, 5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90%, 95% e 99%. Os valores podem ser observados na tabela 3 abaixo:

Tabela 3 – Valores para o V@R– Contencioso Jurídico Financeiro

Nível de confiança	V@R
1%	381.655,70
5%	500.182,18
10%	571.770,91
25%	705.476,77
50%	875.268,27
75%	1.069.404,45
90%	1.266.808,84
95%	1.306.281,12
99%	1.665.508,08

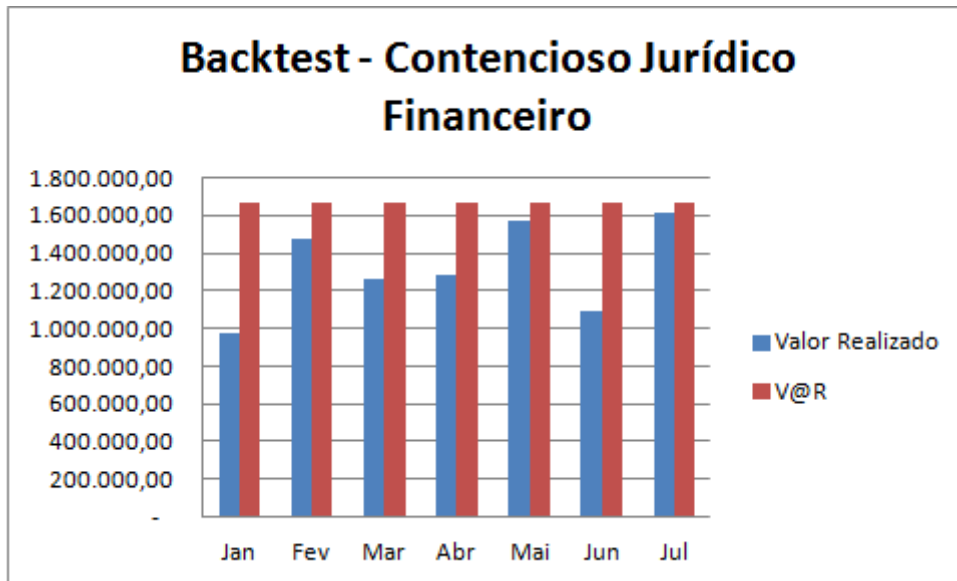
Fonte: Autor

Para a definição do V@R da entidade, foi utilizado o nível de confiança de 99%, e, pode-se concluir que o V@R, ou a perda máxima esperada, mensal, estimado para o evento de perda Contencioso Jurídico Financeiro com 99% de confiança é de 1.665.508,08.

11.1.5 Backtest

Para o teste de aderência entre o V@R estimado e as perdas efetivamente ocorridas foi realizado *Backtest*, utilizando os eventos de perdas ocorridos nos sete primeiros meses do ano de 2012.

A base do *Backtest* para o evento de perdas Contencioso Jurídico Financeiro possui 2.132 registros dos meses de janeiro a julho de 2012. Os resultados podem ser observados no gráfico 9 a seguir:

Gráfico 9 – Backtest Contencioso Jurídico Financeiro

Fonte: Autor

Percebe-se que para todos os meses do ano de 2012, a perda realizada não foi superior ao V@R esperado.

11.2 RESULTADOS PARA EVENTO DE PERDA CONTENCIOSO JURÍDICO PROVISÃO

O evento perdas Contencioso Jurídico Provisão são as perdas relacionadas às ações judiciais que não possuem, efetivamente, desembolso financeiro tais como: provisionamento de ações judiciais e honorários de sucumbência.

A base observada possui 669 registros com informações relativas aos anos de 2008, 2009, 2010 e 2011.

11.2.1 Modelo de Severidade – Escolha da Distribuição

Para a definição da distribuição de severidade a ser utilizada, foram aplicados os testes de aderência descritos no item 8.3 e apresentados na tabela 4 abaixo:

Tabela 4 – Teste de aderência distribuição de severidade – Contencioso Jurídico Provisão

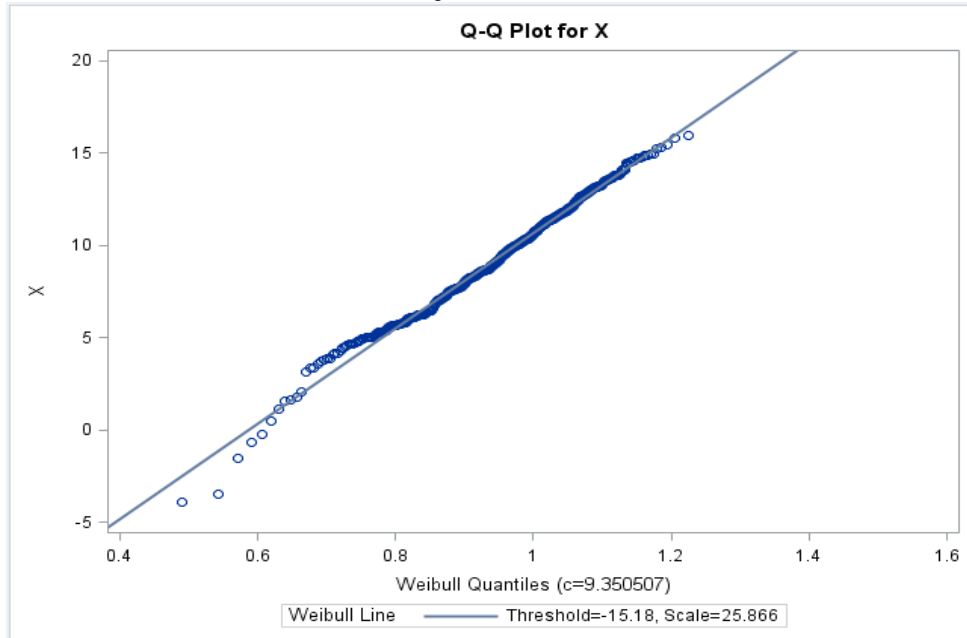
VarName	Histogram	Distribution	Test	TestLab	Stat	pType	pSign	pValue
X	1	Normal	Kolmogorov-Smirnov	D	0,043972311	Pr > D		0,019472018
X	1	Normal	Cramer-von Mises	W-Sq	0,202840945	Pr > W-Sq	<	0,005
X	1	Normal	Anderson-Darling	A-Sq	1,466006297	Pr > A-Sq	<	0,005
X	1	Weibull	Kolmogorov-Smirnov	D	0,033440572	Pr > D		0,117375053
X	1	Weibull	Cramer-von Mises	W-Sq	0,083636442	Pr > W-Sq		0,1102566479
X	1	Weibull	Anderson-Darling	A-Sq	0,0659041077	Pr > A-Sq		0,040555297
X	1	Gumbel	Kolmogorov-Smirnov	D	0,1256899223	Pr > D		0
X	1	Gumbel	Cramer-von Mises	W-Sq	2,1873316694	Pr > W-Sq		0
X	1	Gumbel	Anderson-Darling	A-Sq	15,61884877	Pr > A-Sq		0

Fonte: Autor

Percebe-se, claramente, que a distribuição com o maior p-valor, considerando todos os testes, é a Weibull com 3 parâmetros.

No gráfico 10, abaixo, é possível observar de forma gráfica o ajuste da distribuição de severidade escolhida.

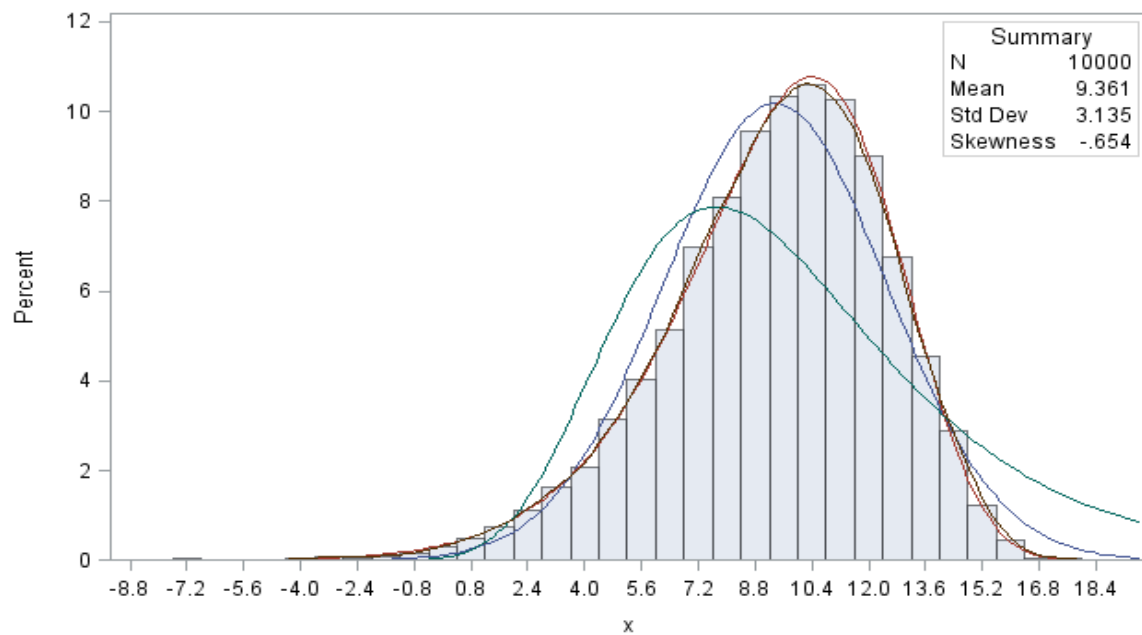
Gráfico 10 – QQ-PLOT distribuição de severidade – Contencioso Jurídico Provisão



Fonte: Autor

Observa-se, ainda, o melhor ajuste da distribuição Weibull, analisando o gráfico 11.

Gráfico 11 – Ajuste distribuição Weibull severidade – Contencioso Jurídico Provisão



Fonte: Autor

A distribuição Weibull escolhida possui os seguintes parâmetros: Shape: 9,350507; Scale: 25,86621; Threshold: -15,1811. Os parâmetros foram estimados com base no Método da Máxima Verossimilhança.

11.2.2 Modelo de Frequência – Escolha da Distribuição

Para a definição da distribuição de frequência testou-se a aderência da distribuição Binomial Negativa, utilizando a comparação entre o valor esperado da distribuição e o valor efetivamente ocorrido com base nos dados reais. Na tabela 5, abaixo, é possível visualizar:

Tabela 5 – Teste de aderência distribuição de frequência – Contencioso Jurídico Provisão

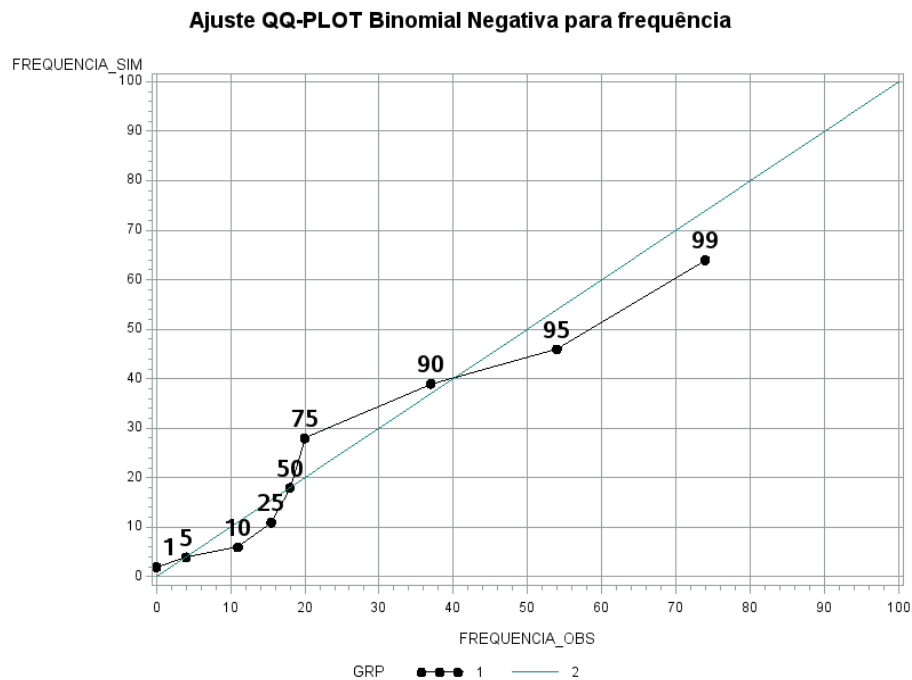
Criterion	DF	Value	ValueDF
Deviance	23	27,83939	1,210408
Scaled Deviance	23	27,83939	1,210408
Pearson Chi-Square	23	27,96298	1,215782
Scaled Pearson X2	23	27,96298	1,215782
Log Likelihood		1095,364	
Full Log Likelihood		-93,9683	
AIC (smaller is better)		191,9366	
AICC (smaller is better)		192,5081	
BIC (smaller is better)		194,2927	

Fonte: Autor

Percebe-se que a razão entre o valor esperado, a distribuição teórica e a empírica é de 1,210408 valor que torna aceitável o ajuste para a distribuição Binomial Negativa.

É possível visualizar de maneira mais evidente, observando o gráfico 12 abaixo:

Gráfico 12 – QQ-PLOT distribuição de frequência – Contencioso Jurídico Provisão



Fonte: Autor

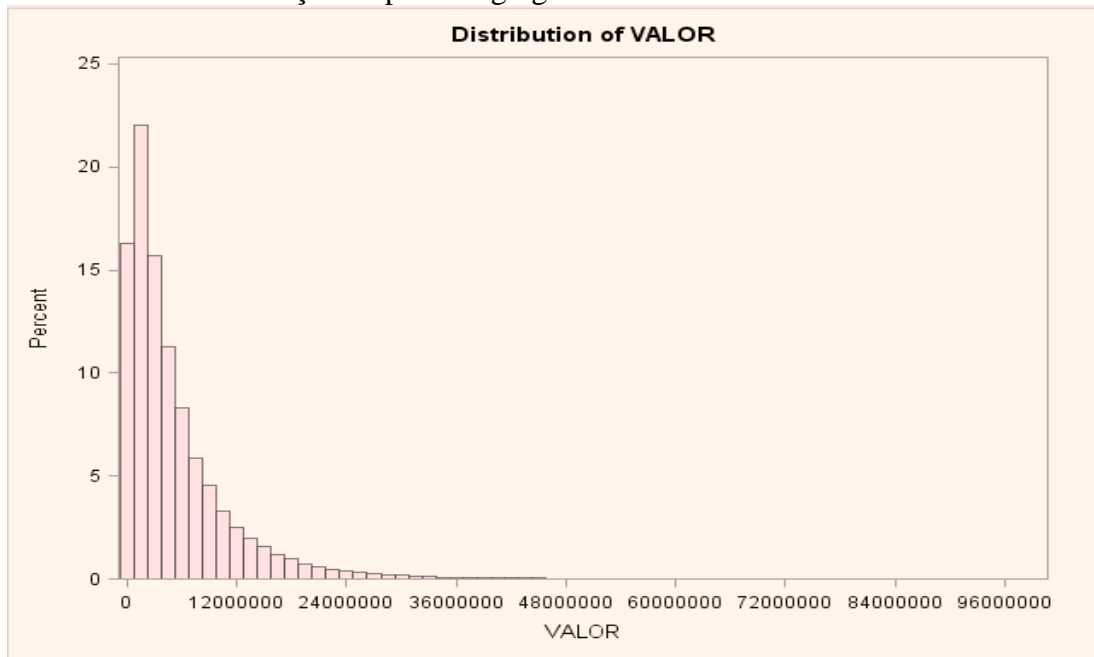
A distribuição Binomial Negativa selecionada possui os seguintes parâmetros: $P = 0,109483$ e $Zise = 2,576683$. Os parâmetros foram estimados com base no Método da Máxima Verossimilhança.

11.2.3 Cálculo da Distribuição de Perdas Agregada Utilizando a Simulação de Monte Carlo

Para a definição da distribuição de perdas agregadas foi gerada em SAS 10.000 simulações, com amostras de tamanho 1.000, totalizando 10.000.000 de cenários do modelo.

A distribuição de perdas agregadas pode ser visualizada no gráfico 13 abaixo:

Gráfico 13 – Distribuição de perdas agregada – Contencioso Jurídico Provisão



Fonte: Autor

11.2.4 V@R Operacional Calculado

Para a definição do V@R operacional foi calculado, com base na distribuição agregada, a perda máxima esperada com os seguintes níveis de confiança: 1%, 5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90%, 95% e 99%. Os valores podem ser observados na tabela 6 abaixo:

Tabela 6 – Valores para o V@R– Contencioso Jurídico Provisão

Nível de Confiança	V@R
1%	10.222,39
5%	162.156,84
10%	412.926,21
25%	1.281.564,91
50%	3.309.609,08
75%	7.090.947,58
90%	12.867.698,09
95%	17.905.975,89
99%	32.919.227,85

Fonte: Autor

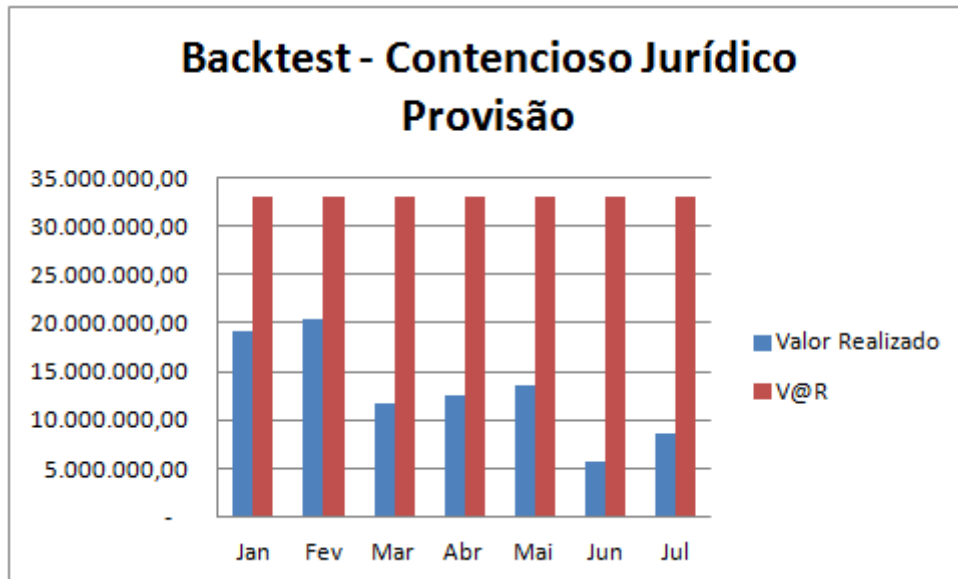
Para a definição do V@R da entidade foi utilizado o nível de confiança de 99%, de modo que se pode concluir que o V@R, ou a perda máxima esperada, mensal, estimado para o evento de perda Contencioso Jurídico Provisão com 99% de confiança é de 32.919.227,85.

11.2.5 Backtest

Para o teste de aderência entre o V@R estimado e as perdas efetivamente ocorridas foi realizado *Backtest*, utilizando os eventos de perdas ocorridos nos sete primeiros meses do ano de 2012.

A base do *Backtest* para o evento de perdas Contencioso Jurídico Provisão possui 23 registros dos meses de janeiro a julho de 2012. Os resultados podem ser observados no gráfico 14 abaixo:

Gráfico 14 – *Backtest* – Contencioso Jurídico Provisão



Fonte: Autor

Percebe-se que para todos os meses do ano de 2012 a perda realizada não foi superior ao V@R esperado.

11.3 RESULTADOS PARA EVENTO DE PERDAS MULTAS E PENALIDADES

O evento de perdas Multas e Penalidades são as perdas relacionadas às multas e/ou penalidades que a Fundação sofreu por atrasos em obrigações sejam elas administrativas, previdenciárias, jurídicas ou de investimentos.

A base observada possui 128 registros com informações relativas aos anos de 2008, 2009, 2010 e 2011.

11.3.1 Modelo de Severidade – Escolha da Distribuição

Para a definição da distribuição de severidade a ser utilizada, foram aplicados os testes de aderência descritos no item 8.3 e apresentados na tabela 7 abaixo:

Tabela 7 – Teste de aderência distribuição de severidade – Multas e Penalidades

VarName	Histogram	Distribution	Test	TestLab	Stat	pType	pSign	pValue
VALOR	1	Normal	Kolmogorov-Smirnov	D	0,327644568	Pr > D	<	0,01
VALOR	1	Normal	Cramer-von Mises	W-Sq	2,274619569	Pr > W-Sq	<	0,005
VALOR	1	Normal	Anderson-Darling	A-Sq	11,56073236	Pr > A-Sq	<	0,005
VALOR	1	Lognormal	Kolmogorov-Smirnov	D	0,078674315	Pr > D	>	0,15
VALOR	1	Lognormal	Cramer-von Mises	W-Sq	0,07583006	Pr > W-Sq		0,235803718
VALOR	1	Lognormal	Anderson-Darling	A-Sq	0,551254973	Pr > A-Sq		0,153396511
VALOR	1	Exponential	Kolmogorov-Smirnov	D	0,426266714	Pr > D	<	0,001
VALOR	1	Exponential	Cramer-von Mises	W-Sq	4,372656657	Pr > W-Sq	<	0,001
VALOR	1	Exponential	Anderson-Darling	A-Sq	44,61540841	Pr > A-Sq	<	0,001
VALOR	1	Weibull	Cramer-von Mises	W-Sq	0,072472131	Pr > W-Sq		0,24343133
VALOR	1	Weibull	Anderson-Darling	A-Sq	0,483939439	Pr > A-Sq		0,229805676
VALOR	1	Rayleigh	Kolmogorov-Smirnov	D	0,68242951	Pr > D		0
VALOR	1	Rayleigh	Cramer-von Mises	W-Sq	10,64563647	Pr > W-Sq		0
VALOR	1	Rayleigh	Anderson-Darling	A-Sq	200,7164061	Pr > A-Sq		0
VALOR	1	Pareto	Kolmogorov-Smirnov	D	0,127692658	Pr > D		0
VALOR	1	Pareto	Cramer-von Mises	W-Sq	0,250953264	Pr > W-Sq		0
VALOR	1	Pareto	Anderson-Darling	A-Sq	1,804481482	Pr > A-Sq		0
VALOR	1	Gumbel	Kolmogorov-Smirnov	D	0,280293657	Pr > D		0
VALOR	1	Gumbel	Cramer-von Mises	W-Sq	1,737170345	Pr > W-Sq		0
VALOR	1	Gumbel	Anderson-Darling	A-Sq	9,416096371	Pr > A-Sq		0

Fonte: Autor

Percebe-se que a distribuição com o melhor resultado no teste de Anderson-Darling é a Weibull.

A distribuição Weibull gerada possui os seguintes parâmetros: Shape = 0.399609 e Scale = 1112, 469. Os parâmetros foram estimados com base no Método da Máxima Verossimilhança.

11.3.2 Modelo de Frequência – Escolha da Distribuição

Para a definição da distribuição de frequência, testou-se a aderência da distribuição Binomial Negativa, utilizando a comparação entre o valor esperado da distribuição e o valor efetivamente ocorrido com base nos dados reais. Na tabela 8, abaixo, é possível visualizar:

Tabela 8 – Teste de aderência distribuição de frequência – Multas e Penalidades

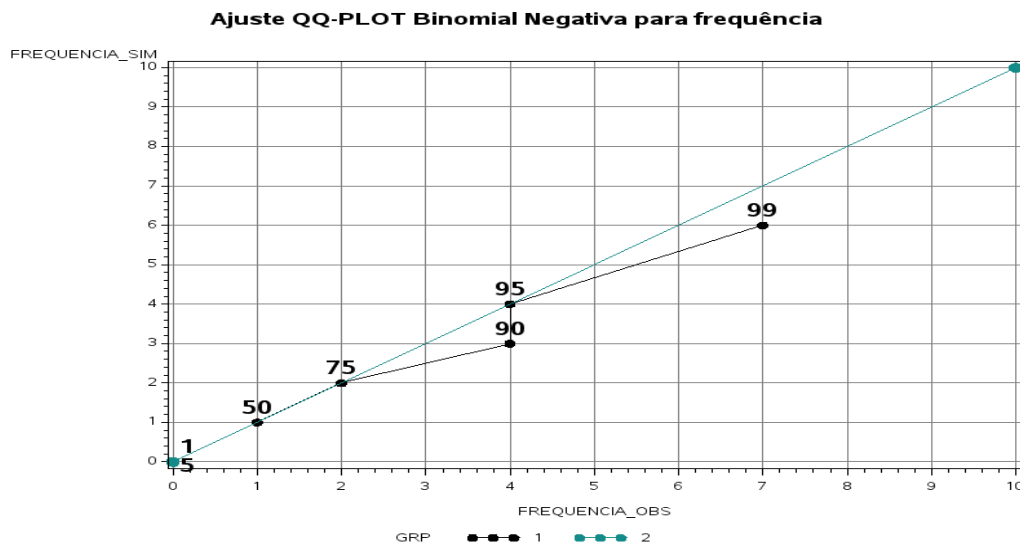
Criterion	DF	Value	ValueDF
Deviance	47	52,695	1,1211735
Scaled Deviance	47	52,695	1,1211735
Pearson Chi-Square	47	50,051	1,064908465
Scaled Pearson X2	47	50,051	1,064908465
Log Likelihood		-43,51	
Full Log Likelihood		-74,86	
AIC (smaller is better)		153,72	
AICC (smaller is better)		153,98	
BIC (smaller is better)		157,46	

Fonte: Autor

Percebe-se que a razão entre o valor esperado da distribuição teórica e a empírica é de 1,1211735, valor que torna aceitável o ajuste para a distribuição Binomial Negativa.

É possível visualizar de maneira mais evidente, observando-se o gráfico 15 abaixo:

Gráfico 15 – QQ-PLOT distribuição de frequência – Multas e Penalidades



Fonte: Autor

A distribuição Binomial Negativa selecionada possui os seguintes parâmetros: $P = 0,698882$ e $Zise = 3,142962$. Os parâmetros foram estimados com base no Método da Máxima Verossimilhança.

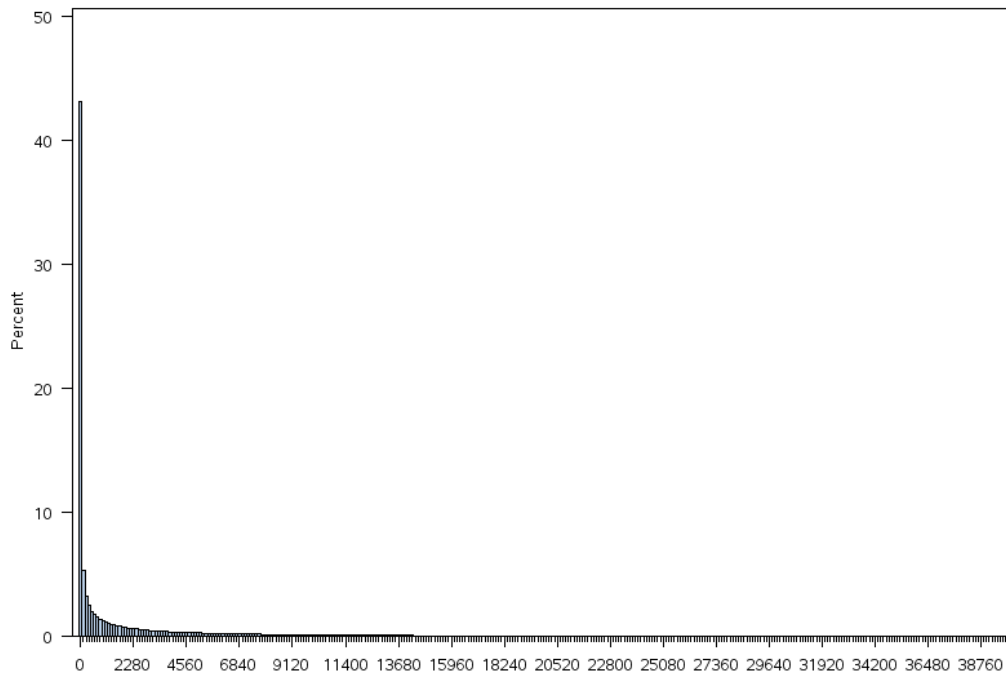
11.3.3 Cálculo da Distribuição de Perdas Agregadas utilizando a Simulação de Monte Carlo

Para a definição da distribuição de perdas agregada foi gerada em SAS 10.000 simulações, com amostras de tamanho 1.000, totalizando 10.000.000 de cenários do modelo.

A distribuição de perdas agregadas pode ser visualizada no gráfico 16 abaixo:

Gráfico 16 – Distribuição de perdas agregada – Multas e Penalidades

Distribuição de perda agregada.



Fonte: Autor

11.3.4 V@R Operacional Calculado

Para a definição do V@R operacional foi calculado, com base na distribuição agregada, a perda máxima esperada com os seguintes níveis de confiança: 1%, 5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90%, 95% e 99%. Os valores podem ser observados na tabela 9 abaixo:

Tabela 9 – Valores para o V@R– Multas e Penalidades

Nível de Confiança	V@R
1%	R\$ -
5%	R\$ -
10%	R\$ -
25%	R\$ -
50%	R\$ 289,05
75%	R\$ 3.669,08
90%	R\$ 13.593,13
95%	R\$ 25.095,20
99%	R\$ 66.375,45

Fonte: Autor

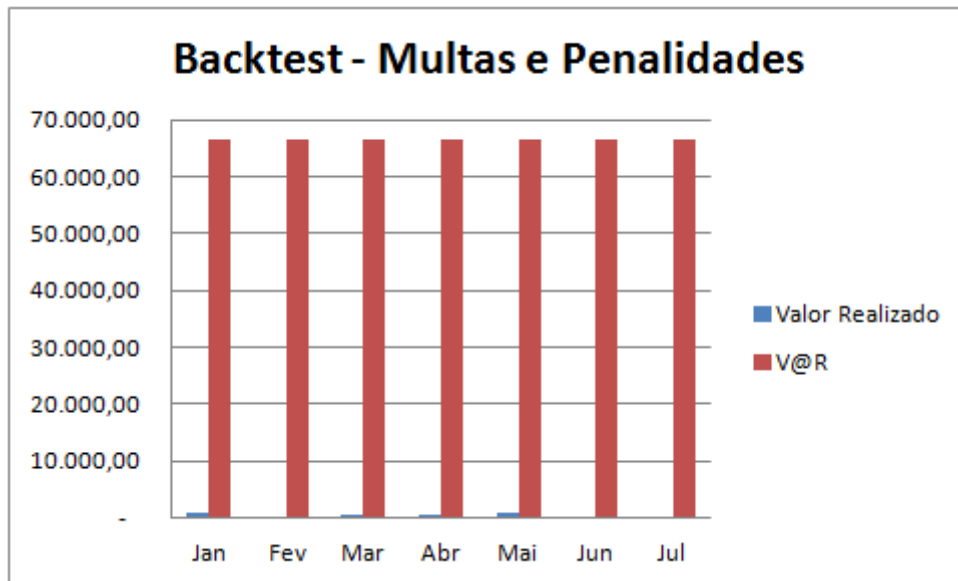
Para a definição do V@R da entidade foi utilizado o nível de confiança de 99%, de modo que se pode concluir que o V@R, ou a perda máxima esperada, mensal, estimado para o evento de perda Multas e Penalidades com 99% de confiança é de 66.375,45.

11.3.5 Backtest

Para o teste de aderência entre o V@R estimado e as perdas efetivamente ocorridas, foi realizado *Backtest* utilizando os eventos de perdas ocorridos nos sete primeiros meses do ano de 2012.

A base do *Backtest* para o evento de perdas Multas e Penalidades possui 17 registros dos meses de janeiro a julho de 2012. Os resultados podem ser observados no gráfico 17 a seguir:

Gráfico 17 – Backtest – Multas e Penalidades



Fonte: Autor

Percebe-se, que para todos os meses do ano de 2012, a perda realizada não foi superior ao V@R esperado.

11.4 RESULTADOS PARA EVENTO DE PERDA OPERAÇÃO COM PARTICIPANTES

O evento de perdas Operação com Participantes são as perdas relacionadas à Operação de empréstimos e financiamentos imobiliários concedidos a participantes da Fundação. De modo geral as perdas operacionais relativas a esse tipo de evento estão relacionadas à inadimplência e falhas em controles operacionais.

A base observada possui 8.643 registros com informações relativas aos anos de 2008, 2009, 2010 e 2011.

11.4.1 Modelo de Severidade – Escolha da Distribuição

Para a definição da distribuição de severidade a ser utilizada, foram aplicados os testes de aderência descritos no item 8.3 e apresentados na tabela 10 abaixo:

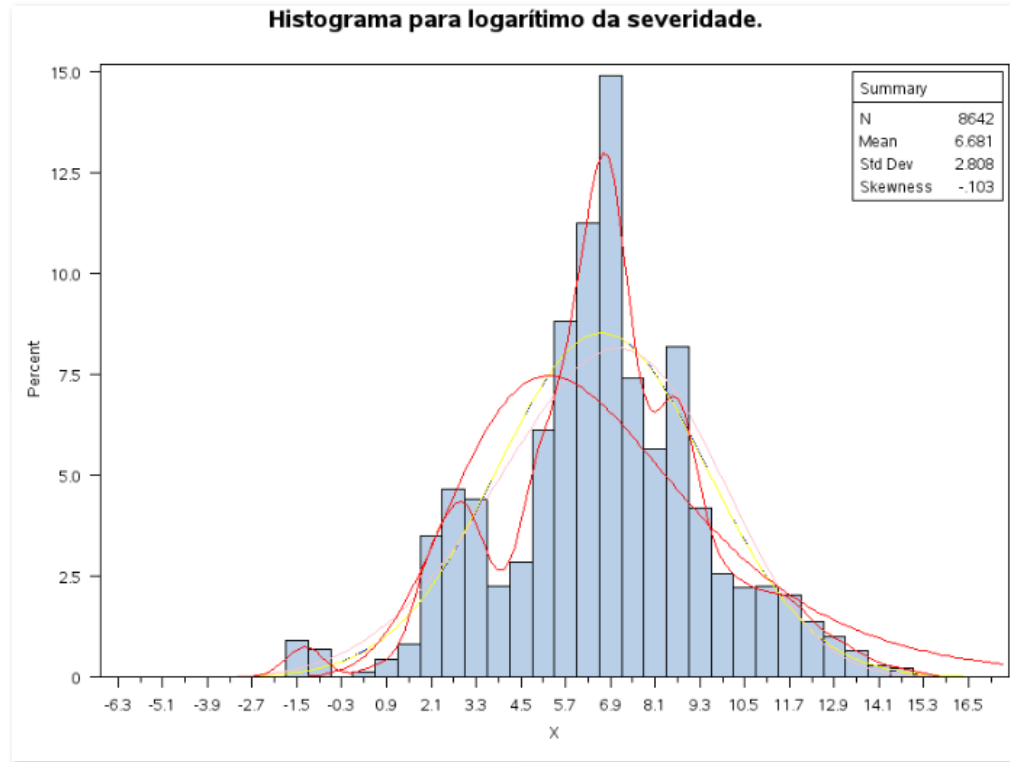
Tabela 10 – Teste de aderência distribuição de severidade – Operações com Participantes

VarName	Histogram	Distribution	Test	TestLab	Stat	pType	pSign	pValue
VALOR	1	Normal	Kolmogorov-Smirnov	D	0,43657997	Pr > D	<	0,01
VALOR	1	Normal	Cramer-von Mises	W-Sq	571,6629617	Pr > W-Sq	<	0,005
VALOR	1	Normal	Anderson-Darling	A-Sq	2678,235722	Pr > A-Sq	<	0,005
VALOR	1	Lognormal	Kolmogorov-Smirnov	D	0,064082972	Pr > D	<	0,01
VALOR	1	Lognormal	Cramer-von Mises	W-Sq	8,893007431	Pr > W-Sq	<	0,005
VALOR	1	Lognormal	Anderson-Darling	A-Sq	45,67213	Pr > A-Sq	<	0,005
VALOR	1	Exponential	Kolmogorov-Smirnov	D	0,620047257	Pr > D	<	0,001
VALOR	1	Exponential	Cramer-von Mises	W-Sq	1460,953513	Pr > W-Sq	<	0,001
VALOR	1	Exponential	Anderson-Darling	A-Sq	13230,49693	Pr > A-Sq	<	0,001
VALOR	1	Weibull	Cramer-von Mises	W-Sq	28,79128604	Pr > W-Sq	<	0,01
VALOR	1	Weibull	Anderson-Darling	A-Sq	169,3343961	Pr > A-Sq	<	0,01
VALOR	1	Rayleigh	Kolmogorov-Smirnov	D	0,880781091	Pr > D		0
VALOR	1	Rayleigh	Cramer-von Mises	W-Sq	2441,339585	Pr > W-Sq		0
VALOR	1	Pareto	Kolmogorov-Smirnov	D	0,083853832	Pr > D		0
VALOR	1	Pareto	Cramer-von Mises	W-Sq	11,72479184	Pr > W-Sq		0
VALOR	1	Pareto	Anderson-Darling	A-Sq	113,3441068	Pr > A-Sq		0
VALOR	1	Gumbel	Kolmogorov-Smirnov	D	0,423016262	Pr > D		0
VALOR	1	Gumbel	Cramer-von Mises	W-Sq	506,9411943	Pr > W-Sq		0

Fonte: Autor

Percebe-se que o resultado dos testes não foi significativo para nenhuma das distribuições. Esse fato se deve, basicamente, à variação bastante acentuada dos dados de severidade que podemos observar, de forma clara, no gráfico 18 abaixo:

Gráfico 18 – Histograma para logaritmo da severidade – Operação com Participantes



Fonte: Autor

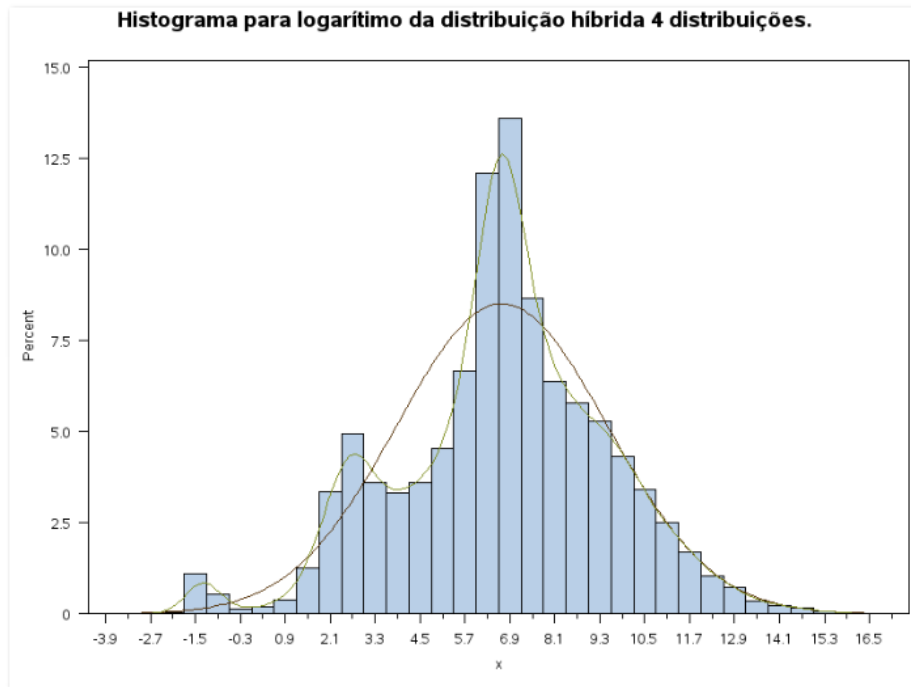
Percebe-se que as distribuições testadas não oferecem um ajuste aceitável, de modo que não podem ser utilizadas de forma eficiente para a modelagem estatística.

Para a escolha de distribuição de severidade, que consiga um ajuste eficiente, pensou-se na utilização de uma distribuição híbrida com a junção de 4 distribuições normais, conforme demonstrada na equação abaixo:

$$P_1 f_1 \left(\frac{X_i}{\bar{p}} \right) + (1 - P_1) P_2 f_2 \left(\frac{X_i}{\bar{p}} \right) + (1 - P_1) (1 - P_2) P_3 f_3 \left(\frac{X_i}{\bar{p}} \right) + (1 - P_1) (1 - P_2) (1 - P_3) f_4 \left(\frac{X_i}{\bar{p}} \right) \quad \dots (15)$$

É possível perceber no gráfico 19 o ajuste da nova distribuição híbrida, e entender que o ajuste é bastante aceitável se comparado com uma distribuição normal convencional.

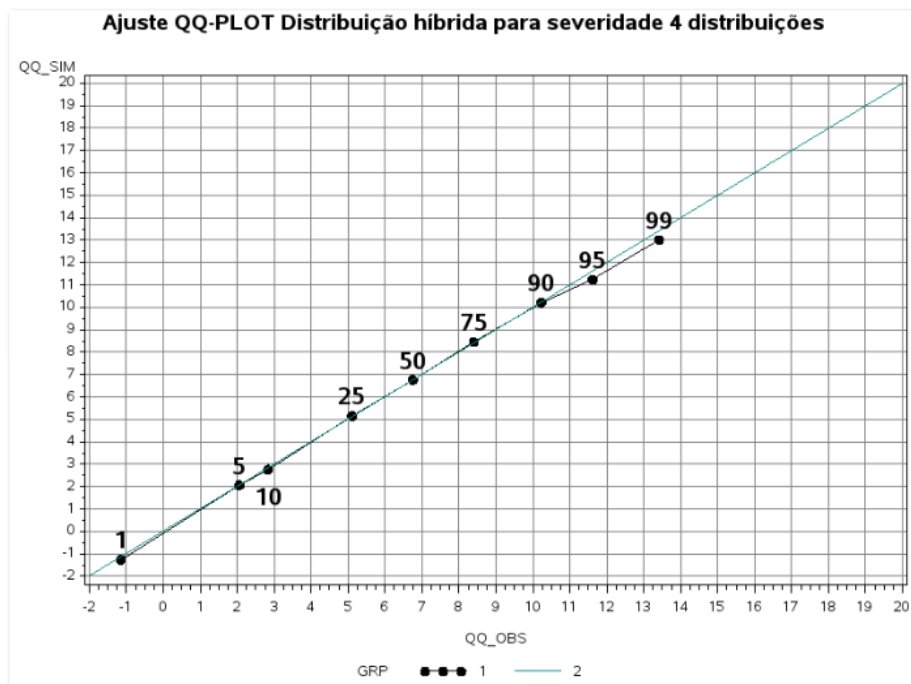
Gráfico 19 – Histograma para logaritmo da severidade distribuição híbrida – Operação com Participantes



Fonte: Autor

O ajuste da distribuição híbrida proposta pode ser comprovado por meio do QQ-PLOT, demonstrado no gráfico 20.

Gráfico 20 – QQ-PLOT distribuição de severidade –Operação com Participantes



Fonte: Autor

A distribuição híbrida utilizada para a severidade possui os seguintes parâmetros: $P1 = 0,015416$, $P2 = 0,085491$, $P3 = 0,196266$, $M1 = -1,31688$, $M2 = 2,585599$, $M3 = 6,650996$, $M4 = 7,33492$, $S1 = 0,260174$, $S2 = 0,534076$, $S3 = 0,468005$ e $S4 = 2,657594$. Os parâmetros foram estimados com base no Método da Máxima Verossimilhança.

11.4.2 – Modelo de Frequência – Escolha da Distribuição

Para a definição da distribuição de frequência testou-se a aderência da distribuição Binomial Negativa, utilizando a comparação entre o valor esperado da distribuição e o valor efetivamente ocorrido com base nos dados reais. Na tabela 11 abaixo é possível visualizar:

Tabela 11 – Teste de aderência distribuição de frequência – Operações com Participantes

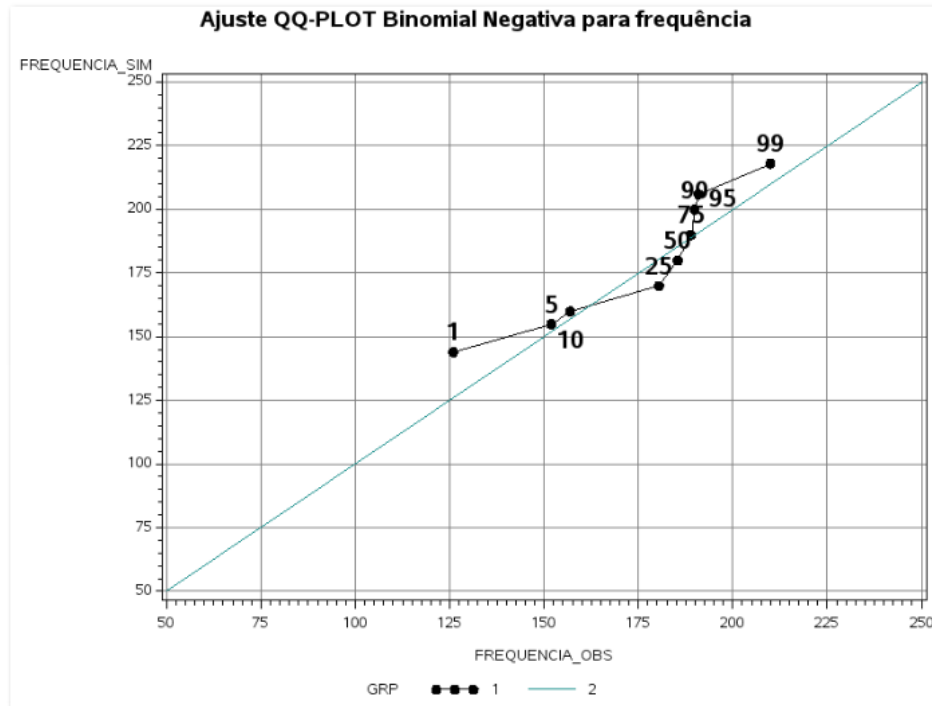
Criterion	DF	Value	ValueDF
Deviance	47	50,209881	1,068295
Scaled Deviance	47	50,209881	1,068295
Pearson Chi-Square	47	46,553147	0,990492
Scaled Pearson X2	47	46,553147	0,990492
Log Likelihood		36238,764	
Full Log Likelihood		-201,4423	
AIC (smaller is better)		406,88455	
AICC (smaller is better)		407,15122	
BIC (smaller is better)		410,62695	

Fonte: Autor

Percebe-se que a razão entre o valor esperado da distribuição teórica e a empírica é de 1,068295, valor que torna aceitável o ajuste para a distribuição Binomial Negativa.

É possível visualizar de maneira mais evidente, observando o gráfico 21 abaixo:

Gráfico 21 – QQ-PLOT distribuição de frequência – Operação com Participantes



Fonte: Autor

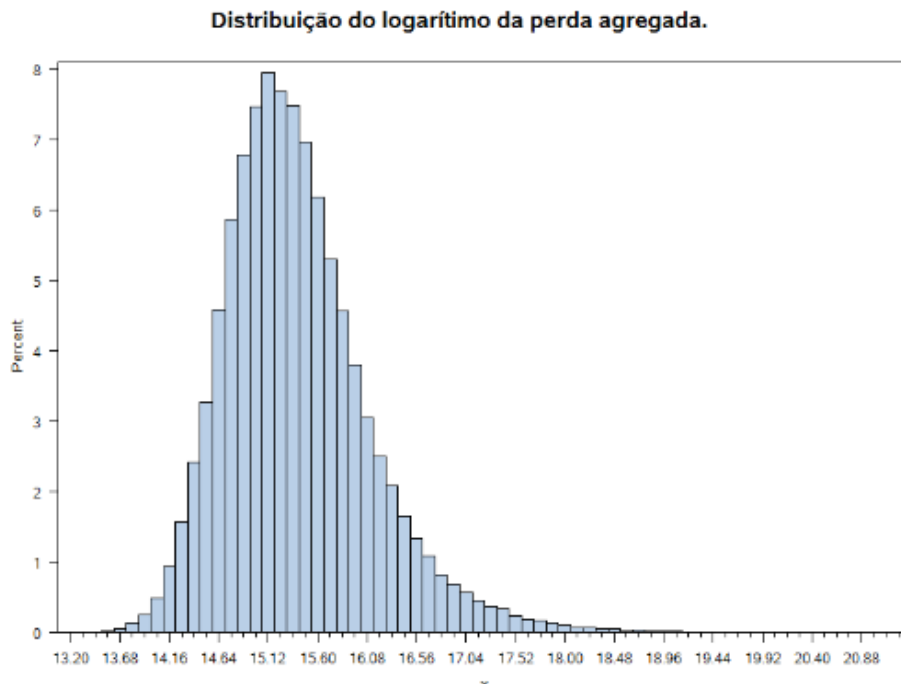
A distribuição Binomial Negativa selecionada possui os seguintes parâmetros: $P = 0,726306$ e $Zise = 477,7784$. Os parâmetros foram estimados com base no Método da Máxima Verossimilhança.

11.4.3 Cálculo da Distribuição de Perdas Agregada Utilizando a Simulação de Monte Carlo

Para a definição da distribuição de perdas agregada foi gerada em SAS 10.000 simulações, com amostras de tamanho 1.000, totalizando 10.000.000 de cenários do modelo.

A distribuição de perdas agregadas pode ser visualizada no gráfico 22 abaixo:

Gráfico 22 – Distribuição de perdas agregada – Operação com Participantes



Fonte: Autor

11.4.4 V@R Operacional Calculado

Para a definição do V@R operacional foi calculado, com base na distribuição agregada, a perda máxima esperada com os seguintes níveis de confiança: 1%, 5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90%, 95% e 99%. Os valores podem ser observados na tabela 12 abaixo:

Tabela 12 – Valores para o V@R– Operações com Participantes

Nível de Confiança	V@R
1%	RS 1.338.243,95
5%	R\$ 1.832.514,65
10%	R\$ 2.203.536,18
25%	R\$ 3.007.132,43
50%	R\$ 4.449.531,85
75%	R\$ 7.070.441,47
90%	R\$ 11.998.935,69
95%	RS 17.599.138,03
99%	R\$ 44.371.918,19

Fonte: Autor

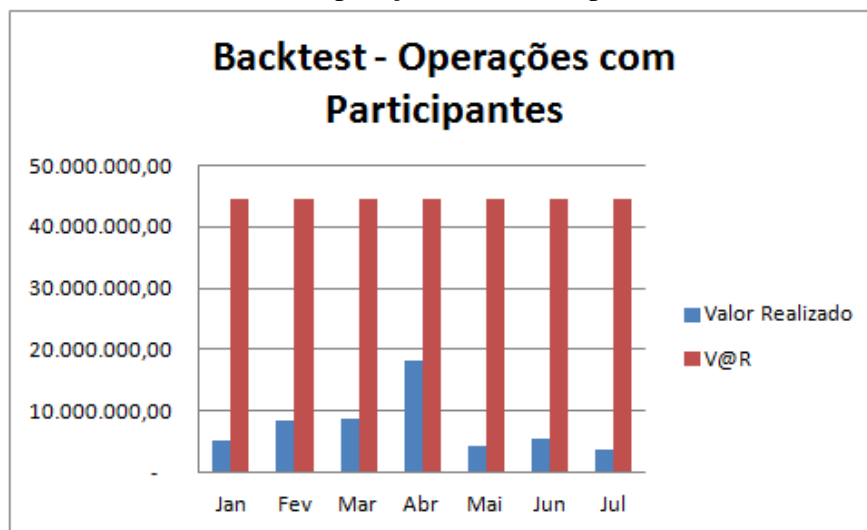
Para a definição do V@R da entidade foi utilizado o nível de confiança de 99%, de modo que pode-se concluir que o V@R, ou a perda máxima esperada, mensal, estimado para o evento de perda Operação com Participantes com 99% de confiança é de 44.371.918,19.

11.4.5 Backtest

Para o teste de aderência entre o V@R estimado e as perdas efetivamente ocorridas, foi realizado *Backtest*, utilizando os eventos de perdas ocorridos nos sete primeiros meses do ano de 2012.

A base do *Backtest* para o evento de perdas Operações com Participantes possui 1.039 registros dos meses de janeiro a julho de 2012. Os resultados podem ser observados no gráfico 23 abaixo:

Gráfico 23 – *Backtest* – Operação com Participantes



Fonte: Autor

Percebe-se que para todos os meses do ano de 2012 a perda realizada não foi superior ao V@R esperado.

11.5 RESULTADOS PARA EVENTO DE PERDA PERDAS COM IMÓVEIS

O evento Perdas com Imóveis são as perdas relacionadas aos investimentos imobiliários realizados pela Fundação seja eles em hotéis, shoppings ou imóveis para a locação de terceiros. De modo geral as perdas operacionais relativas a esse tipo de evento estão relacionadas à inadimplência e falhas em controles operacionais.

A base observada possui 13.710 registros com informações relativas aos anos de 2008, 2009, 2010 e 2011.

11.5.1 Modelo de Severidade – Escolha da Distribuição

Para a definição da distribuição de severidade a ser utilizada, foram aplicados os testes de aderência descritos no item 8.3 e apresentados na tabela 13 abaixo:

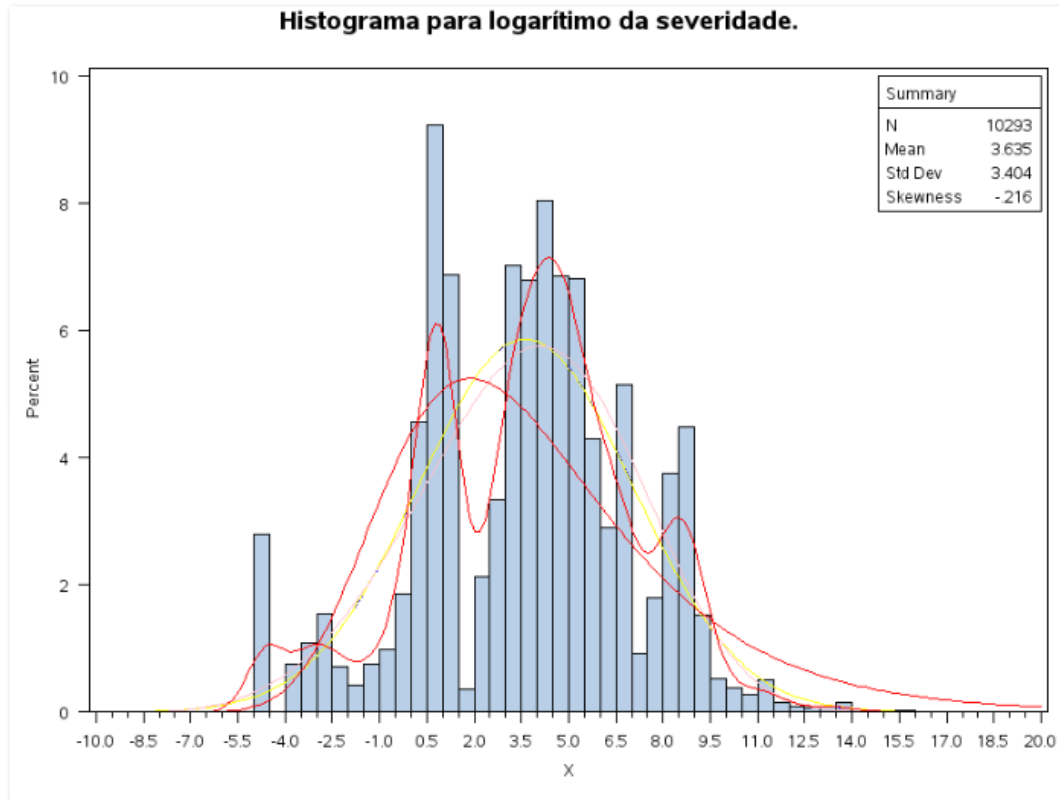
Tabela 13 – Teste de aderência distribuição de severidade – Imóveis

VarName	Histogram	Distribution	Test	TestLab	Stat	pType	PSign	pValue
VALOR	1	Normal	Kolmogorov-Smirnov	D	0,479	Pr > D	<	0,01
VALOR	1	Normal	Cramer-von Mises	W-Sq	801,99	Pr > W-Sq	<	0,005
VALOR	1	Normal	Anderson-Darling	A-Sq	3734,6	Pr > A-Sq	<	0,005
VALOR	1	Lognormal	Kolmogorov-Smirnov	D	0,0561	Pr > D	<	0,01
VALOR	1	Lognormal	Cramer-von Mises	W-Sq	7,3689	Pr > W-Sq	<	0,005
VALOR	1	Lognormal	Anderson-Darling	A-Sq	46,884	Pr > A-Sq	<	0,005
VALOR	1	Exponential	Kolmogorov-Smirnov	D	0,7078	Pr > D	<	0,001
VALOR	1	Exponential	Cramer-von Mises	W-Sq	2070,7	Pr > W-Sq	<	0,001
VALOR	1	Exponential	Anderson-Darling	A-Sq	24394	Pr > A-Sq	<	0,001
VALOR	1	Weibull	Cramer-von Mises	W-Sq	15,657	Pr > W-Sq	<	0,01
VALOR	1	Weibull	Anderson-Darling	A-Sq	101,22	Pr > A-Sq	<	0,01
VALOR	1	Rayleigh	Kolmogorov-Smirnov	D	0,9646	Pr > D		0
VALOR	1	Rayleigh	Cramer-von Mises	W-Sq	3318,3	Pr > W-Sq		0
VALOR	1	Pareto	Kolmogorov-Smirnov	D	0,1186	Pr > D		0
VALOR	1	Pareto	Cramer-von Mises	W-Sq	40,227	Pr > W-Sq		0
VALOR	1	Pareto	Anderson-Darling	A-Sq	254,53	Pr > A-Sq		0
VALOR	1	Gumbel	Kolmogorov-Smirnov	D	0,4549	Pr > D		0
VALOR	1	Gumbel	Cramer-von Mises	W-Sq	678,83	Pr > W-Sq		0

Fonte: Autor

Percebe-se que o resultado dos testes não foi significativo para nenhuma das distribuições. Esse fato se deve basicamente pela variação bastante acentuada dos dados de severidade que podemos observar de forma clara no gráfico 24 a seguir:

Gráfico 24 – Histograma para logaritmo da severidade



Fonte: Autor

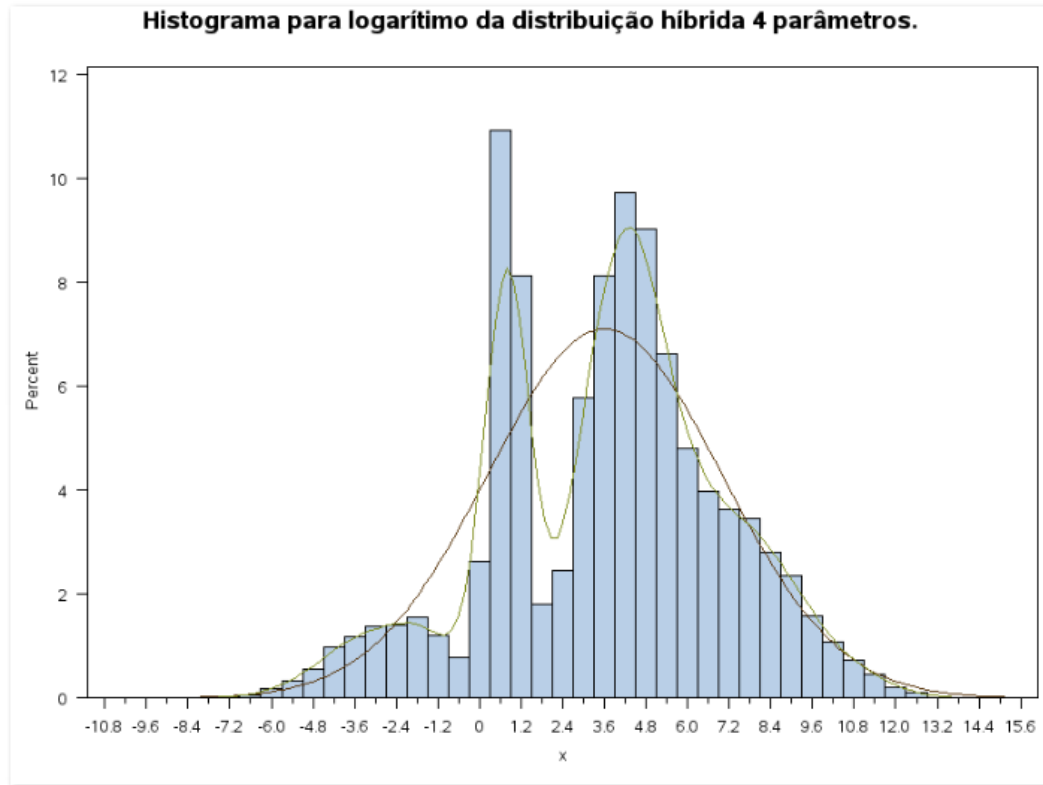
Percebe-se que as distribuições testadas não oferecem um ajuste aceitável de modo que não podem ser utilizadas de forma eficiente para a modelagem estatística.

Para a escolha de distribuição de severidade, que consiga um ajuste eficiente, pensou-se na utilização de uma distribuição híbrida com a junção de 4 distribuições normais, de modo que:

$$P_1 f_1 \left(\frac{X_i}{\bar{p}} \right) + (1 - P_1) P_2 f_2 \left(\frac{X_i}{\bar{p}} \right) + (1 - P_1) (1 - P_2) P_3 f_3 \left(\frac{X_i}{\bar{p}} \right) + (1 - P_1) (1 - P_2) (1 - P_3) f_4 \left(\frac{X_i}{\bar{p}} \right) \quad \dots (16)$$

É possível perceber no gráfico 25 o ajuste da nova distribuição híbrida e entender que o ajuste é bastante aceitável se comparado com uma distribuição normal convencional.

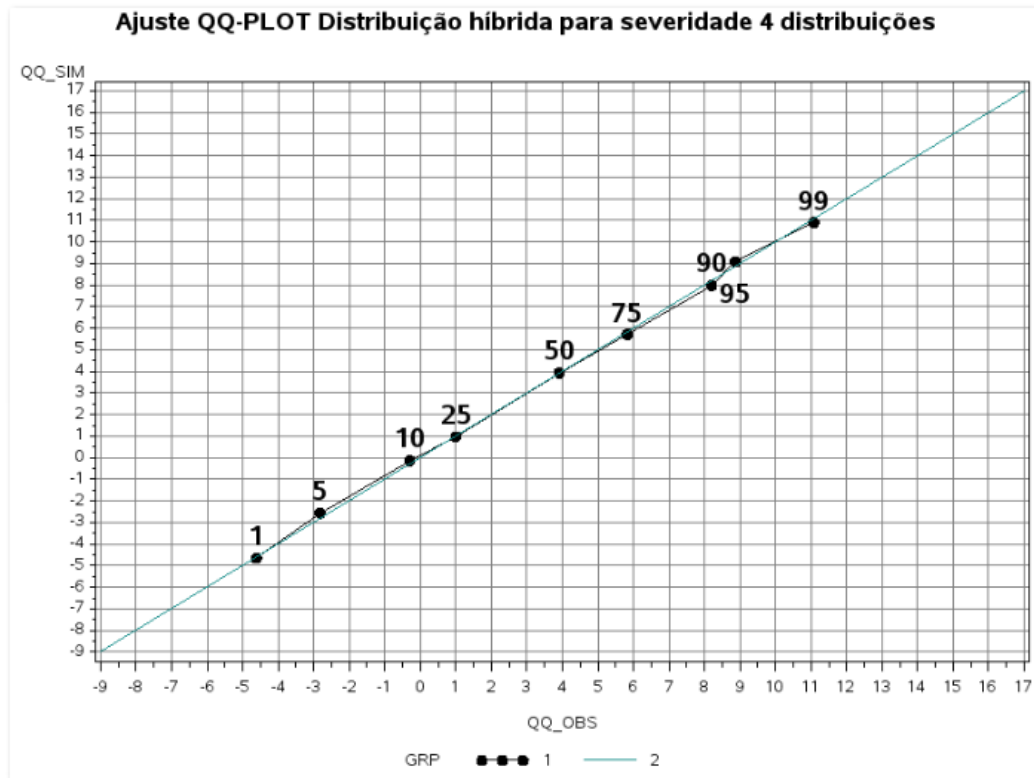
Gráfico 25 – Histograma severidade distribuição híbrida – Imóveis



Fonte: Autor

O ajuste da distribuição híbrida proposta pode ser comprovado por meio do QQ-PLOT, demonstrado no gráfico 26.

Gráfico 26 – QQ-PLOT distribuição de severidade – Imóveis



Fonte: Autor

A distribuição híbrida utilizada para a severidade possui os seguintes parâmetros: $P1 = 0,111498$, $P2 = 0,228152$, $P3 = 0,543541$, $M1 = -2,4243$, $M2 = 0,798027$, $M3 = 4,11223$, $M4 = -2,4243$, $S1 = 1,750021$, $S2 = 0,38345$, $S3 = 1,031879$ e $S4 = 2,60489$. Os parâmetros foram estimados com base no Método da Máxima Verossimilhança.

11.5.2 Modelo de Frequência – Escolha da Distribuição

Para a definição da distribuição de frequência testou-se a aderência da distribuição Binomial Negativa, utilizando a comparação entre o valor esperado da distribuição e o valor efetivamente ocorrido com base nos dados reais. Na tabela 14, a seguir, é possível visualizar.

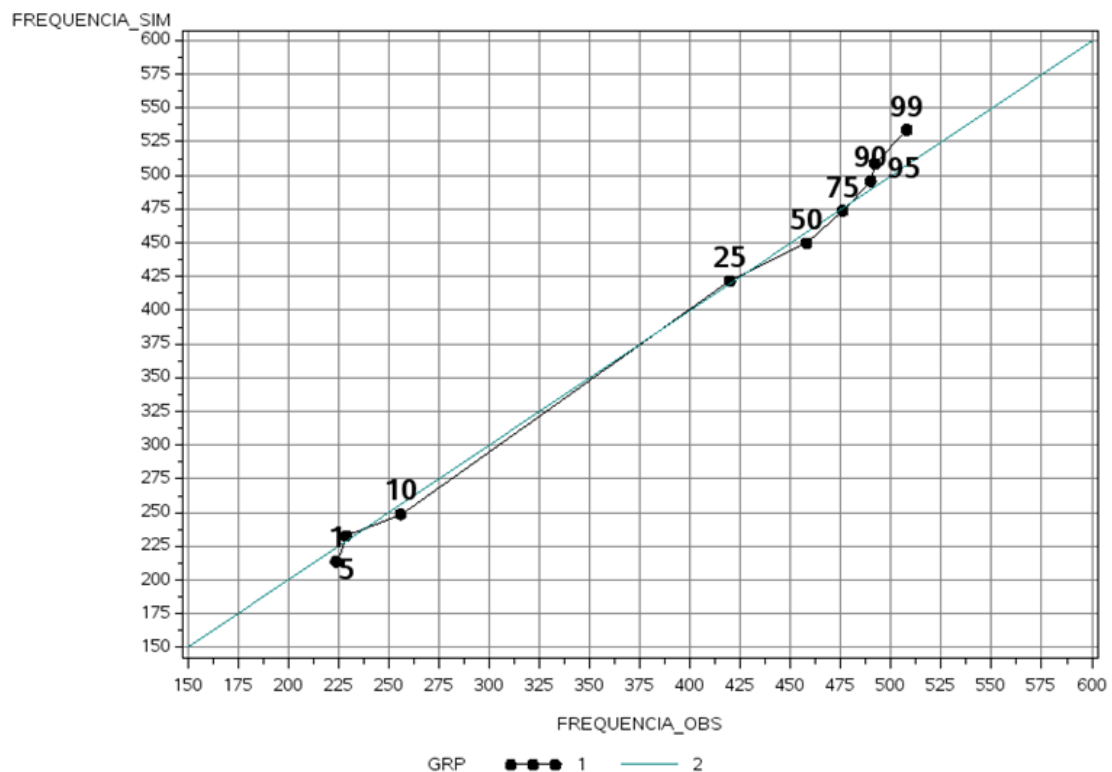
Tabela 14 – Teste de aderência distribuição de frequência – Imóveis

Criterion	DF	Value	ValueDF
Deviance	23	24,36308731	1,059264666
Scaled Deviance	23	24,36308731	1,059264666
Pearson Chi-Square	23	18,4544548	0,8023676
Scaled Pearson X2	23	18,4544548	0,8023676
Log Likelihood		52246,91302	
Full Log Likelihood		-141,8535314	
AIC (smaller is better)		287,7070628	
AICc (smaller is better)		288,2784914	
BIC (smaller is better)		290,0631705	

Fonte: Autor

Percebe-se que a razão entre o valor esperado da distribuição teórica e a empírica é de 1,0592646, valor que torna aceitável o ajuste para a distribuição Binomial Negativa.

É possível visualizar de maneira mais evidente, observando o gráfico 27 abaixo:

Gráfico 27 – QQ-PLOT distribuição de frequência – Imóveis

Fonte: Autor

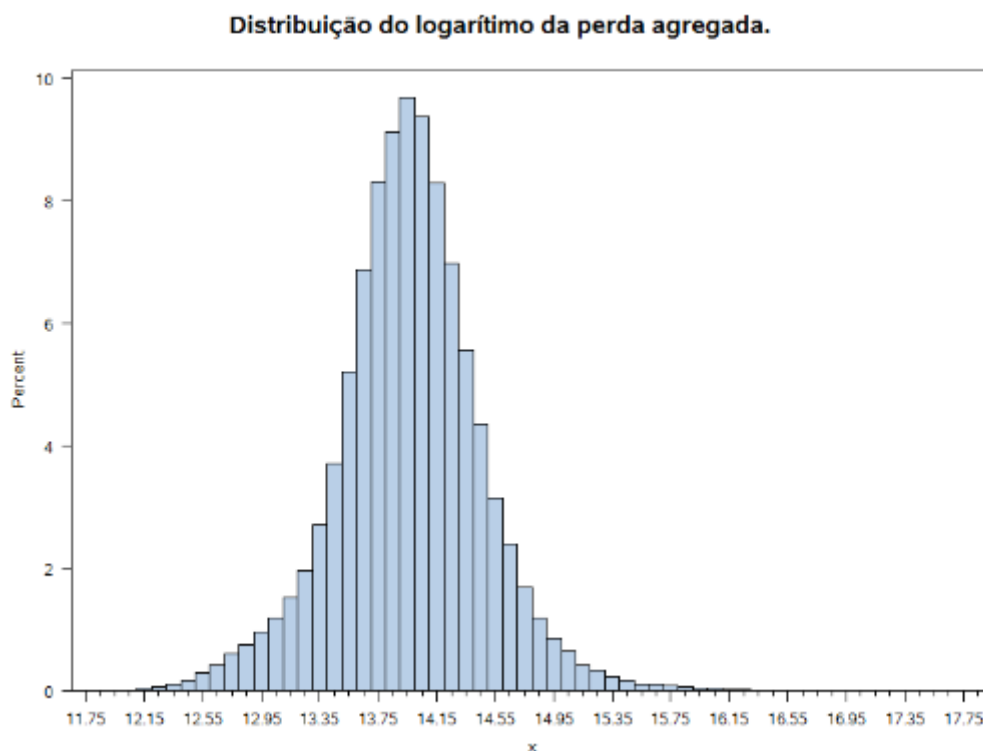
A distribuição Binomial Negativa selecionada possui os seguintes parâmetros: $P = 0,125$ e $Zise = 324,1712$. Os parâmetros foram estimados com base no Método da Máxima Verossimilhança.

11.5.3 Cálculo da Distribuição de Perdas Agregada Utilizando a Simulação de Monte Carlo

Para a definição da distribuição de perdas agregada foi gerada em SAS 10.000 simulações, com amostras de tamanho 1.000, totalizando 10.000.000 de cenários do modelo.

A distribuição de perdas agregado pode ser visualizada no gráfico 28 abaixo:

Gráfico 28 – Distribuição de perdas agregada – Imóveis



Fonte: Autor

11.5.4 V@R Operacional Calculado

Para a definição do V@R operacional foi calculado, com base na distribuição agregada, a perda máxima esperada com os seguintes níveis de confiança: 1%, 5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90%, 95% e 99%. Os valores podem ser observados na tabela 15 a seguir:

Tabela 15 – Valores para o V@R– Imóveis

Nível de Confiança	V@R
1%	317.931,04
5%	501.112,19
10%	641.841,51
25%	870.951,89
50%	1.156.089,52
75%	1.540.883,25
90%	2.086.532,51
95%	2.585.133,01
99%	4.417.414,12

Fonte: Autor

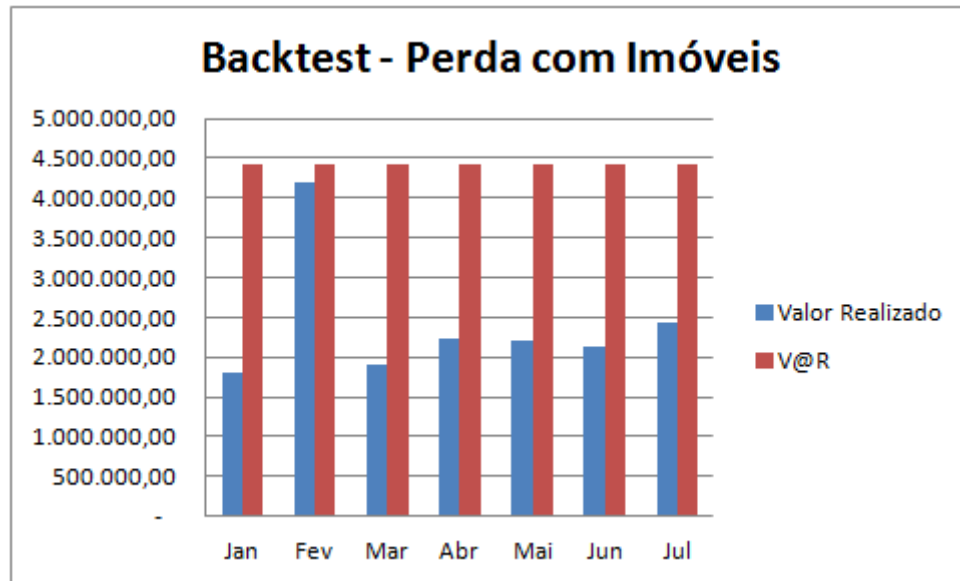
Para a definição do V@R da entidade foi utilizado o nível de confiança de 99% de modo que se pode concluir que o V@R, ou a perda máxima esperada, mensal, estimado para o evento de perda Perdas com Imóveis com 99% de confiança é de 4.417.414,12

11.5.5 – Backtest

Para o teste de aderência entre o V@R estimado e as perdas efetivamente ocorridas foi realizado *Backtest* utilizando os eventos de perdas ocorridos nos sete primeiros meses do ano de 2012.

A base do *Backtest* para o evento de perdas Perda com Imóveis possui 3.126 registros dos meses de janeiro a julho de 2012. Os resultados podem ser observados no gráfico 29 a seguir:

Gráfico 29 – *Backtest* – Imóveis



Fonte: Autor

Percebe-se que para todos os meses do ano de 2012 a perda realizada não foi superior ao V@R esperado.

12 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ficou evidente a preocupação dos Órgãos Reguladores com a Gestão e Mensuração dos Riscos Operacionais Incorridos nas EFPC. No contexto internacional essa necessidade também se torna evidente, considerando as recomendações emitidas pela *International Organisation of Pension Supervisors* (IOPS).

Considerando o arcabouço regulatório já vigente, o Guia PREVIC Melhores Práticas para a Gestão de Riscos e a experiência internacional é possível afirmar, que em um curto período de tempo as EFPC's deverão possuir metodologias e sistemas eficientes para a mensuração dos riscos operacionais e deverão, ainda, reservar parte dos seus recursos para cobrir tais perdas.

Nesse contexto torna-se cada vez mais necessário a definição de um modelo estatístico capaz de prever, com alto grau de assertividade, as perdas operacionais das entidades. Não existe, hoje, no Brasil ou internacionalmente, um modelo pacificado e testado para a previsão de perdas relacionadas a risco operacional.

O modelo de Distribuição de Perdas Agregadas já é bastante utilizado na indústria financeira e bancária, entretanto, sua utilização em Fundos de Pensão nunca tinha sido testada de forma completa.

Com base na modelagem estatística aplicada nesse trabalho e com os resultados encontrados é possível afirma que o modelo de Distribuição de Perdas Agregadas é uma ferramenta eficiente para a mensuração de risco operacional em EFPC.

Contudo, algumas recomendações devem ser observadas, de modo que a modelagem estatística aplicada possa, de fato, ser eficiente e as perdas sejam previstas adequadamente.

- A montagem de base de perdas é fator primordial do processo;
- Como a maior parte da base de perdas terá origem nos lançamentos contábeis da instituição o tratamento, considerando os problemas descritos no item 10.1.1.2, torna-se muito relevante;
- Possivelmente para a escolha das distribuições de severidade e frequência, será necessária a utilização de distribuições híbridas, que consiste na junção

de uma ou mais distribuições, considerando a grande diversidade de dados em uma base de perdas de uma EFPC;

- A escolha do *software*, que será utilizado, é de fundamental importância. O SAS se mostrou eficiente tanto para a análise e tratamento da base de perdas quanto para a modelagem estatística necessária.

Conclui-se que, para mensuração de perdas operacionais em EFPC, o processo deve ter início na extração e tratamento adequado da base de dados, passando por uma escolha eficiente das distribuições de frequência e severidade que serão utilizadas.

Todo o processo deve ser suportado por um *software* dinâmico, que possa fornecer alternativas para a modelagem estatística, de modo que permita a união de distribuições.

Por fim sugere-se como tema para pesquisas futuras a aplicação de modelagem estatística em EFPC que leve em consideração, além dos dados históricos, a opinião do analista como a inferência bayesiana, lógica nebulosa ou sistemas dinâmicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAPP. **Como criar um Fundo de Pensão a partir do vínculo associativo.**

ICSS/SINDAPP. julho 2003. Disponível em:

<http://www.abrapp.org.br/SiteAssets/SitePages/Cartilha/Cartilha_para_Instituidores2003.pdf>.

ALVES JUNIOR, Celso Rocha. **Value-at Risk**: Uma medida do risco de mercado.

Monografia do Curso de Especialização em Administração Financeira. FGV, Brasília, 2008.

BRASIL. Ministério da Previdência Social, Secretaria de Previdência Complementar.

Previdência complementar: cartilha do participante. Brasília: MPS, SPC, 2008. Disponível em: <http://www.previg.org.br/MyFiles/16Abr_Cartilha_do_Participante_PREVIC.pdf>.

Acesso em: 21 jul. 2012.

_____. Lei Complementar nº 108, de 29 de maio de 2001, publicada no **Diário Oficial da União**, no dia 30 de maio de 2001. Dispõe sobre a relação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, suas autarquias, fundações, sociedades de economia mista e outras entidades públicas e suas respectivas entidades fechadas de previdência complementar, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www4.planalto.gov.br/legislacao/legislacao-1/leis-complementares-1/leis-complementares-1/2001#content>>.

_____. Lei Complementar nº 109, de 29 de maio de 2001, publicada no **Diário Oficial da União**, no dia 30 de maio de 2001. Dispõe sobre o Regime de Previdência Complementar e dá outras providências. Disponível em: <<http://www4.planalto.gov.br/legislacao/legislacao-1/leis-complementares-1/leis-complementares-1/2001#content>>.

_____. CGPC. **Resolução nº 13/2004**. Disponível em: <<http://www.mpas.gov.br>>.

_____. CGPC. **Recomendação nº 02/2009**. Fundos de Pensão: coletânea de normas.

Brasília: MPS, SPC, 2011. 538 p. Disponível em:

<<http://www.fundacaoitaipu.com.br/sites/default/files/corpo/pdf/ColetaneaNormasPrevic.pdf>>

_____. CMN, **Resolução nº 3.792/2009**. Disponível em: <www.bcb.gov.br>.

_____. **Guia PREVIC Melhores Práticas em Fundos de Pensão**. 2010. Disponível em:

<www.mpas.gov.br/previc>.

BYLE, R.; ROSS, R. (2009) **Mission Abandoned**: How Multinational Corporations Abandoned Their First Attempt to Eliminate Poverty. Why They Should Try Again, Robert L. Ross, Princeton.

DAMODARAN, Aswath. **Strategic Risk Taking**: A Framework for Risk Management. Wharton Scholl Publishing, 2008.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de Administração Financeira**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

HOLTON, Glyn A. **Defining Risk**. Financial Analysts Journal. n.60 v. 6, p. 19-25, 2004.

IOPS - International Organisation of Pension Supervisors. **Pension Funds' Risk-Management Framework**: Regulation and Supervisory Oversight. 2011.

JORION , Philippe. **Value at Risk. – The New Benchmark for Managing Financial Risk**. 3° Edition. McGraw-Hill. New York: 2007.

KNIGHT, F. H. **Risk, Uncertainty and Profit**. Boston, MA: Hart, Schaffner & Mark. Houghton Mifflin Company, 1921.

MARTINS, Marcos Antônio dos Santos. **Gestão de Riscos em Entidades Fechadas de Previdência Complementar**. Tese de Doutorado, 2010.

MENDES, João Marcos. **Modelo de Previsão de Perdas por Risco Operacional Utilizando Séries Temporais**. Brasília, UNB, Mestrado em Economia do Setor Público, 2006.

OMATI , Marcelo. **Otimização em Grids em N estágios**. Dissertação de Mestrado, 2012. Mestrado em Economia.

PEREIRA, S. C. **Sistema de Análise de Risco Operacional – Aplicação dos Modelos de Risco Operacional para Empresas de Produção e Serviços Financeiros**. Trabalho de graduação em Engenharia de Controle e Automação. UnB, 2010.

PONTES, Andre Roscoe. **Risco Operacional Uma Aplicação do Modelo de Distribuição de Perdas Agregadas para Risco de Produção em uma Empresa Não Financeira**. Rio de Janeiro, FGV, Mestrado em Finanças, 2010.

QUEIROZ, Claudio de Nardi. **Redes Bayesianas no Gerenciamento e Mensuração de Riscos Operacionais**. São Paulo, USP, Mestrado em Engenharia, 2008.

SANTOS, Gilberto dos. **Conceito e Cálculo do VAR de uma Carteira pelo Método Analítico e por Simulação Histórica**. Monografia do curso de MBA em Finanças FIA – FEA/USP, 2000.

SECURATO, José Roberto. **Decisões Financeiras em Condições de Risco**. São Paulo: Atlas, 1996.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios em pesquisas em administração**. São Paulo: Atlas, 2000.

Sites pesquisados durante todo o trabalho:

<www.abvcap.com.br>;
<www.abrapp.org.br>;
<www.anbima.com.br>;
<www.funcef.com.br>;
<www.iops.com>;
<www.mpas.gov.br>;
<www.petros.com.br> e
<www.previ.com.br>.

ANEXO

ANEXO A – Programação Desenvolvida em SAS

```
%LET CD=4;
```

```
DATA BASE_SEVERIDADE;SET BASE_ORIGINAL;
WHERE CD=&CD.;
X=LOG(VALOR);
RUN;
DATA BASE_FREQ;SET Base_original_freq;
WHERE CD=&CD.;
RUN;
```

```
filename grafout "&dir.\RESULTADO FINAL\CD&CD.";
goptions reset=all gsfname=grafout gsfmode=replace device=gif;
```

```
title "Histograma para logarítimo da severidade.";
ods output PARAMETERESTIMATES=PARAMETROS_SEVER_LOG
GOODNESSOFFIT=P_VALOR_LOG;
proc univariate data=BASE_SEVERIDADE;
var x;
    histogram X/ kernel(color=red)
                normal(color=blue)
                lognormal(theta=est color=yellow)
                weibull(threshold=est color=pink)
                exp(color=brown)
                gamma(color=green)
                gumbel(color=red)
                POWER(color=blue)
                PARETO(color=yellow)
                RAYLEIGH(color=pink)
                vaxis = axis1 ;
    inset n mean (5.3) std='Std Dev' (5.3) skewness (5.3) /
        pos = ne header = 'Summary';
    axis1 label=(a=90 r=0);
run;
```

```
title "QQ-plot normal para severidade.";
proc univariate data=BASE_SEVERIDADE;
var x;
qqplot X/ normal(mu=6.68091603 sigma=2.8077496 color=blue color=red);
run;
```

```
title "Histograma para severidade.";
ods output PARAMETERESTIMATES=PARAMETROS_SEVER
GOODNESSOFFIT=P_VALOR;
proc univariate data=BASE_SEVERIDADE;
var VALOR;
```

```

histogram VALOR/ kernel(color=red)
    normal(color=blue)
    lognormal(color=yellow)
    weibull(color=pink)
    exp(color=brown)
    gamma(color=green)
    gumbel(color=red)
    POWER(color=blue)
    PARETO(color=yellow)
    RAYLEIGH(color=pink)
vaxis = axis1 ;
inset n mean (5.3) std='Std Dev' (5.3) skewness (5.3) /
    pos = ne header = 'Summary';
axis1 label=(a=90 r=0);
run;

PROC EXPORT DATA = P_valor
    OUTFILE = "&dir.\RESULTADO
FINAL\CD&CD.\RESULTADO&CD..xls"
    DBMS = EXCEL
    REPLACE;
    SHEET="P_valor_sev";
RUN;

PROC EXPORT DATA = P_valor_log
    OUTFILE = "&dir.\RESULTADO
FINAL\CD&CD.\RESULTADO&CD..xls"
    DBMS = EXCEL
    REPLACE;
    SHEET="P_valor_sev_log";
RUN;

PROC EXPORT DATA = Parametros_sever
    OUTFILE = "&dir.\RESULTADO
FINAL\CD&CD.\RESULTADO&CD..xls"
    DBMS = EXCEL
    REPLACE;
    SHEET="Parametros_sever";
RUN;

PROC EXPORT DATA = Parametros_sever_log
    OUTFILE = "&dir.\RESULTADO
FINAL\CD&CD.\RESULTADO&CD..xls"
    DBMS = EXCEL
    REPLACE;
    SHEET="Parametros_sever_log";
RUN;

```

```

ods output PARAMETERESTIMATES=estimativas_hibridas_1 fitstatistics=modelo_1;
proc nlmixed data = BASE_SEVERIDADE;
parms mu1 = -1.3 sigma1 = 1 p1 = 0.05 mu2=2.7 sigma2=1 mu3=6 sigma3=1 p2=0.2;
bounds p1 > 0, p1 <1, p2 > 0, p2 <1, sigma1>0,sigma2>0,sigma3>0;
d1 = (1/sqrt(2*3.1416*sigma1**2)) * exp(-(1/(2*sigma1**2)) * (x - mu1)**2);
d2 = (1/sqrt(2*3.1416*sigma2**2)) * exp(-(1/(2*sigma2**2)) * (x - mu2)**2);
d3 = (1/sqrt(2*3.1416*sigma3**2)) * exp(-(1/(2*sigma3**2)) * (x - mu3)**2);
like = p1 * d1 + (1-p1) * p2 * d2 + (1-p1) * (1-p2) * d3;
ll = log(like);
model x ~ general(ll);
run;

data _null_;set Estimativas_hibridas_1;
call symput(parameter,estimate);
run;

/*simulando modelo estimado*/

%let n=10000;
data test1;
do i=1 to &n;
    x1=rand('binomial',&p1.,1);
    if x1=1 then do;
        y=rand('normal')*&sigma1.+&mu1.;
    end;else do;
        x2=rand('binomial',&p2.,1);
        if x2=1 then do;
            y=rand('normal')*&sigma2.+&mu2.;
        end;else do;
            y=rand('normal')*&sigma3.+&mu3.;
        end;
    end;
    x=y;
    valor=exp(y);
    output;
end;
drop y;
run;

title "Histograma para logarítmo da distribuição híbrida 3 distribuições.";
proc univariate data=test1;
var x;
histogram x /kernel
                    normal;
run;

/***aderencia 3 parametros***/

```

```

DATA ADERENCIA_N3;SET TEST1 base_severidade;
LENGTH TIPO $20;
Severidade=Valor;
KEEP Severidade Tipo;
IF CD=&cd. THEN TIPO='Dados';ELSE Tipo='Modelo';
run;

```

```

/*****/
ods graphics on;
ods output kolsmir2stats=KOMOG_sev_n3 Cvmstats=VAN_sev_n3;
proc npar1way edf plots=edfplot data=ADERENCIA_N3;
  class Tipo;
  var Severidade;
run;
ods graphics off;

```

```

PROC EXPORT DATA = KOMOG_sev_n3
              OUTFILE = "&dir.\RESULTADO
FINAL\CD&CD.\RESULTADO&CD..xls"
              DBMS = EXCEL
              REPLACE;
              SHEET="kol_n3";

```

```

RUN;

```

```

ods output PARAMETERESTIMATES=ESTIMATIVAS_HIBRIDAS_2
fitstatistics=modelo_2;
proc nlmixed data = BASE_SEVERIDADE;
parms mu1 = -1.3 sigma1 = .5 p1 = 0.05 mu2=2.7 sigma2=1 mu3=7 sigma3=1 p2=0.1 p3=0.8
mu4=11 sigma4=1;
bounds p1 > 0, p1 <1,p2 > 0, p2 <1, sigma1>0,sigma2>0,sigma3>0,sigma4>0;
d1 = (1/sqrt(2*3.1416*sigma1**2)) * exp(-(1/(2*sigma1**2)) * (x - mu1)**2);
d2 = (1/sqrt(2*3.1416*sigma2**2)) * exp(-(1/(2*sigma2**2)) * (x - mu2)**2);
d3 = (1/sqrt(2*3.1416*sigma3**2)) * exp(-(1/(2*sigma3**2)) * (x - mu3)**2);
d4 = (1/sqrt(2*3.1416*sigma4**2)) * exp(-(1/(2*sigma4**2)) * (x - mu4)**2);
like = p1 * d1 + (1-p1) * p2 * d2 + (1-p1) * (1-p2)*p3 * d3 + (1-p1) * (1-p2)*(1-p3)*d4;
ll = log(like);
model x ~ general(ll);
run;

```

```

data _null_;set Estimativas_hibridas_2;
call symput(parameter,estimate);
run;

```

```

%let n=10000;
data test2;
do i=1 to &n;
  x1=rand('binomial',&p1.,1);

```

```

        if x1=1 then do;
            y=rand('normal')*&sigma1.+&mu1.;
        end;
    else do;
        x2=rand('binomial',&p2.,1);
        if x2=1 then do;
            y=rand('normal')*&sigma2.+&mu2.;
        end;
    else do;
        x3=rand('binomial',&p3.,1);
        if x3=1 then do;
            y=rand('normal')*&sigma3.+&mu3.;
        end;
    else do;
        y=rand('normal')*&sigma4.+&mu4.;
    end;
    end;
    end;
    x=y;
    valor=exp(y);
    output;
end;
drop y;
run;

title "Histograma para logarítimo da distribuição híbrida 4 distribuições.";
proc univariate data=test2;
var x;
histogram x /kernel
                normal;
run;

/****aderencia 4 parametros*****/

DATA ADERENCIA_N4;SET TEST2 base_severidade;
LENGTH TIPO $20;
Severidade=Valor;
KEEP Severidade Tipo;
IF CD=&cd. THEN TIPO='Dados';ELSE Tipo='Modelo';
run;

ods graphics on;
ods output kolsmir2stats=KOMOG_sev_n4 Cvmstats=VAN_sev_n4;
proc npar1way edf plots=edfplot data=ADERENCIA_N4;
    class Tipo;
    var Severidade;
run;
ods graphics off;

```

```

PROC EXPORT DATA = KOMOG_sev_n4
                OUTFILE = "&dir.\RESULTADO
FINAL\CD&CD.\RESULTADO&CD..xls"
                DBMS = EXCEL
                REPLACE;
                SHEET="kol_n4";

RUN;

/*****qq-plot*****/

ods output SUMMARY=QQ_OBS;
PROC MEANS DATA=BASE_SEVERIDADE P1 P5 P10 P25 P50 P75 P90 P95 P99;
VAR x valor;
RUN;

ods output SUMMARY=QQ_SIM;
PROC MEANS DATA=TEST1 P1 P5 P10 P25 P50 P75 P90 P95 P99;
VAR x valor;
RUN;

DATA QQ_PERCETIS;SET QQ_OBS QQ_SIM;
RUN;

PROC TRANSPOSE DATA=QQ_PERCETIS OUT=QQ_PERCETIS;
RUN;

DATA QQ_PERCETIS;SET QQ_PERCETIS;
if substr(_NAME_,1,1)='X' THEN VARIABEL='X';ELSE VARIABEL='VALOR';
IF VARIABEL='X' THEN P=COMPRESS(_NAME_,'X_P');ELSE
P=COMPRESS(_NAME_,'VALOR_P');
QQ_OBS=COL1;
QQ_SIM=COL2;
PERCENTIL=P*1;
GRP=1;
KEEP PERCENTIL QQ_OBS QQ_SIM GRP VARIABEL;
RUN;

%LET MIN=-2;
%LET MAX=20;
%LET MID=1;

DATA QQ_PERCETIS;SET QQ_PERCETIS;
IF VARIABEL ne 'X' THEN DELETE;
RUN;

Data line;
grp = 2;

```



```

QQ_OBS = "&MIN."+0;
QQ_SIM = "&MIN."+0;
PERCENTIL=0;
output;
QQ_OBS = "&MAX."+0;
QQ_SIM = "&MAX."+0;
PERCENTIL=100;
output;
RUN;
DATA QQ_PERCETIS;SET QQ_PERCETIS LINE;
DROP VARIAVEL;
RUN;

/* Use the POINTLABEL option to label the plot points */

symbol1 v=DOT i=JOIN c=black pointlabel=(h=1.5 f='Albany AMT/bold' '#PERCENTIL');
symbol2 I=join v=NONE color=vibg height=1.3;

Proc sort;
by grp QQ_OBS;
run;

title "Ajuste QQ-PLOT Distribuição híbrida para severidade 3 distribuições";
PROC GPLOT DATA=QQ_PERCETIS;
PLOT QQ_SIM*QQ_OBS=GRP / haxis= &MIN. to &MAX. by &MID.
                                                                    vaxis= &MIN. to
&MAX. by &MID.
                                                                    HREF= &MIN. to
&MAX. by &MID.
                                                                    VREF= &MIN. to
&MAX. by &MID.;
RUN;QUIT;

/*****qq-plot*****/

ods output SUMMARY=QQ_OBS;
PROC MEANS DATA=BASE_SEVERIDADE P1 P5 P10 P25 P50 P75 P90 P95 P99;
VAR x valor;
RUN;

ods output SUMMARY=QQ_SIM;
PROC MEANS DATA=TEST2 P1 P5 P10 P25 P50 P75 P90 P95 P99;
VAR x valor;
RUN;

DATA QQ_PERCETIS;SET QQ_OBS QQ_SIM;
RUN;

```

```
PROC TRANSPOSE DATA=QQ_PERCETIS OUT=QQ_PERCETIS;  
RUN;
```

```
DATA QQ_PERCETIS;SET QQ_PERCETIS;  
if substr(_NAME_,1,1)='X' THEN VARIAVEL='X';ELSE VARIAVEL='VALOR';  
IF VARIAVEL='X' THEN P=COMPRESS(_NAME_,'X_P');ELSE  
P=COMPRESS(_NAME_,'VALOR_P');  
QQ_OBS=COL1;  
QQ_SIM=COL2;  
PERCENTIL=P*1;  
GRP=1;  
KEEP PERCENTIL QQ_OBS QQ_SIM GRP VARIAVEL;  
RUN;
```

```
%LET MIN=-2;  
%LET MAX=20;  
%LET MID=1;
```

```
DATA QQ_PERCETIS;SET QQ_PERCETIS;  
IF VARIAVEL ne 'X' THEN DELETE;  
RUN;
```

```
Data line;  
grp = 2;  
QQ_OBS = "&MIN."+0;  
QQ_SIM = "&MIN."+0;  
PERCENTIL=0;  
output;  
QQ_OBS = "&MAX."+0;  
QQ_SIM = "&MAX."+0;  
PERCENTIL=100;  
output;  
RUN;  
DATA QQ_PERCETIS;SET QQ_PERCETIS LINE;  
DROP VARIAVEL;  
RUN;
```

```
symbol1 v=DOT i=JOIN c=black pointlabel=(h=1.5 f='Albany AMT/bold' '#PERCENTIL');  
symbol2 I=join v=NONE color=vibg height=1.3;
```

```
Proc sort;  
by grp QQ_OBS;  
run;
```

```
title "Ajuste QQ-PLOT Distribuição híbrida para severidade 4 distribuições";  
PROC GPLOT DATA=QQ_PERCETIS;  
PLOT QQ_SIM*QQ_OBS=GRP / haxis= &MIN. to &MAX. by &MID.
```

&MAX. by &MID.

&MAX. by &MID.

&MAX. by &MID.;
RUN;QUIT;

PROC EXPORT DATA = Qq_percetis
 OUTFILE = "&dir.\RESULTADO
FINAL\CD&CD.\RESULTADO&CD..xls"
 DBMS = EXCEL
 REPLACE;
 SHEET="QQ_PERCENTIS";
RUN;

PROC EXPORT DATA = Estimativas_hibridas_1
 OUTFILE = "&dir.\RESULTADO
FINAL\CD&CD.\RESULTADO&CD..xls"
 DBMS = EXCEL
 REPLACE;
 SHEET="Estimativas_hibridas_3par";
RUN;

PROC EXPORT DATA = Estimativas_hibridas_2
 OUTFILE = "&dir.\RESULTADO
FINAL\CD&CD.\RESULTADO&CD..xls"
 DBMS = EXCEL
 REPLACE;
 SHEET="Estimativas_hibridas_4par";
RUN;

PROC EXPORT DATA = MODELO_1
 OUTFILE = "&dir.\RESULTADO
FINAL\CD&CD.\RESULTADO&CD..xls"
 DBMS = EXCEL
 REPLACE;
 SHEET="Modelo 3 par";
RUN;

PROC EXPORT DATA = MODELO_2
 OUTFILE = "&dir.\RESULTADO
FINAL\CD&CD.\RESULTADO&CD..xls"
 DBMS = EXCEL
 REPLACE;
 SHEET="Modelo 4 par";
RUN;

vaxis= &MIN. to

HREF= &MIN. to

VREF= &MIN. to

```

title "Distribuição frequência .";
PROC UNIVARIATE DATA=BASE_FREQ;
VAR QTD;
HISTOGRAM/
endpoints = 75 to 250 by 25;
RUN;

```

```

/**** PARAMETROS FREQ****/

```

```

ods output ParameterEstimates=P_1_2 modelfit=P_1_1;
PROC GENMOD DATA=BASE_FREQ;
MODEL QTD= /DIST=POI LINK=LOG;
OUTPUT OUT=OUTPOI_1 XBETA=XBETA RESCHI=PEARSON;
RUN;

```

```

PROC EXPORT DATA = P_1_2
                OUTFILE = "&dir.\RESULTADO
FINAL\CD&CD.\RESULTADO&CD..xls"
                DBMS = EXCEL
                REPLACE;
                SHEET="Modelo_Poison1";
RUN;

```

```

PROC EXPORT DATA = P_1_1
                OUTFILE = "&dir.\RESULTADO
FINAL\CD&CD.\RESULTADO&CD..xls"
                DBMS = EXCEL
                REPLACE;
                SHEET="Modelo_Poison2";
RUN;

```

```

title "Resíduo de Pearson modelo Poison.";
PROC UNIVARIATE DATA=OUTPOI_1;
VAR PEARSON;
HISTOGRAM/
endpoints = -8 to 8 by 1;
RUN;

```

```

ods output ParameterEstimates=NB_1_2 modelfit=NB_1_1;
PROC GENMOD DATA=BASE_FREQ;
MODEL QTD= /DIST=NEGBIN link=log;;
OUTPUT OUT=OUTBNG_1 XBETA=XBETA RESCHI=PEARSON;
RUN;

```

```

PROC EXPORT DATA = NB_1_2
      OUTFILE = "&dir.\RESULTADO
FINAL\CD&CD.\RESULTADO&CD..xls"
      DBMS = EXCEL
      REPLACE;
      SHEET="Modelo_NG1";

RUN;

```

```

PROC EXPORT DATA = NB_1_1
      OUTFILE = "&dir.\RESULTADO
FINAL\CD&CD.\RESULTADO&CD..xls"
      DBMS = EXCEL
      REPLACE;
      SHEET="Modelo_NG2";

RUN;

```

```

DATA _null_;SET NB_1_2;
if parameter="Dispersion" then do;
call symput("size",1/estimate);
end;
if parameter="Intercept" then do;
call symput("mu",exp(estimate));
end;
RUN;

%let p_bin=%sysevalf(&size./(&size.+&mu.));
%PUT &P_bin.;

```

```

/**MODELO Binomial Negativo**/

```

```

title "Resíduo de Pearson modelo Binomial Negativo.";
PROC UNIVARIATE DATA=OUTBNG_1;
VAR PEARSON;
HISTOGRAM/
endpoints = -8 to 8 by 1;
RUN;

```

```

PROC SORT DATA=BASE_FREQ;
BY CD QTD;
RUN;

```

```

%LET NN=10000;
DATA NEG1;
DO I=1 TO &NN;
QTD=RAND('NEGBINOMIAL',&p_bin.,&SIZE.);
OUTPUT;
END;

```

RUN;

title "Distribuição Binomial Negativa simulada";

PROC UNIVARIATE DATA=Neg1;

VAR qtd;

HISTOGRAM;

RUN;

ods output SUMMARY=FREQUENCIA_OBS;

PROC MEANS DATA=BASE_FREQ MEAN VAR P1 P5 P10 P25 P50 P75 P90 P95 P99;

VAR QTD;

WHERE CD=&CD.;

RUN;

ods output SUMMARY=FREQUENCIA_SIM;

PROC MEANS DATA=NEG1 MEAN VAR P1 P5 P10 P25 P50 P75 P90 P95 P99;

VAR QTD;

RUN;

DATA FREQ_PERCETIS;SET FREQUENCIA_OBS FREQUENCIA_SIM;

RUN;

PROC TRANSPOSE DATA=FREQ_PERCETIS OUT=FREQ_PERCETIS;

RUN;

%LET MIN=50;

%LET MAX=250;

%LET MID=25;

DATA FREQ_PERCETIS;SET FREQ_PERCETIS;

P=COMPRESS(_NAME_,'QTD_P');

FREQUENCIA_OBS=COL1;

FREQUENCIA_SIM=COL2;

IF P IN ('Mean','Var') THEN DELETE;

PERCENTIL=P*1;

GRP=1;

KEEP PERCENTIL FREQUENCIA_OBS FREQUENCIA_SIM GRP;

RUN;

Data line;

grp = 2;

FREQUENCIA_OBS = "&MIN."+0;

FREQUENCIA_SIM = "&MIN."+0;

PERCENTIL=0;

output;

FREQUENCIA_OBS = "&MAX."+0;

FREQUENCIA_SIM = "&MAX."+0;

PERCENTIL=100;

output;

RUN;

```
DATA FREQ_PERCETIS;SET FREQ_PERCETIS LINE;
RUN;
```

```
/* Use the POINTLABEL option to label the plot points */
```

```
symbol1 v=DOT i=JOIN c=black pointlabel=(h=1.5 f='Albany AMT/bold' '#PERCENTIL');
symbol2 I=join v=none color=vibg height=1.3;
```

```
Proc sort;
by grp FREQUENCIA_OBS;
run;
```

```
title "Ajuste QQ-PLOT Binomial Negativa para frequência";
PROC Gplot DATA=FREQ_PERCETIS;
PLOT FREQUENCIA_SIM*FREQUENCIA_OBS=GRP / haxis= &MIN. to &MAX. by
&MID.
```

```

&MAX. by &MID.
&MAX. by &MID.
&MAX. by &MID.;
RUN;QUIT;
```

```
vaxis= &MIN. to
```

```
HREF= &MIN. to
```

```
VREF= &MIN. to
```

```
filename grafout clear;
```

```
data parametros;
P_BIN ="&P_BIN"*1;
size ="&size"*1;
mu1 ="&mu1"*1;
sigma1 ="&sigma1"*1;
mu2 ="&mu2"*1;
sigma2 ="&sigma2"*1;
mu3 ="&mu3"*1;
sigma3 ="&sigma3"*1;
mu4 ="&mu4"*1;
sigma4 ="&sigma4"*1;
p1 ="&p1"*1;
p2 ="&p2"*1;
p3 ="&p3"*1;
run;
proc transpose data=parametros out=parametros;
run;
```

```
data parametros;set parametros;
parametro=_name_;
valor=coll;
keep parametro valor;
```

run;

```
PROC EXPORT DATA = parametros
      OUTFILE = "&dir.\RESULTADO
FINAL\CD&CD.\RESULTADO&CD..xls"
      DBMS = EXCEL
      REPLACE;
      SHEET="parametros";
```

RUN;

```
data _null_;set parametros;
call symput(parametro,VALOR);
run;
```

/***** AGREGADA *****/

```
%MACRO SIMULA(iteracao=10000,n=1000);
PROC IML;
call randseed(1031);
do k=1 to &iteracao.;
    Y=j(&n.,1,0);
    do i=1 to &n.;
        call randgen(s, 'NEGB', &p_bin., &size.);
        /*****/
        x=j(s, 1,0);
        do j=1 to s;
            call randgen(bin,'binomial',&p1.,1);
            if bin=1 then do;
                call randgen(normal,'normal');
                x[j,1]=exp(normal*&sigma1.+&mu1.);
            end;else do;
                call randgen(bin,'binomial',&p2.,1);
                if bin=1 then do;
                    call randgen(normal,'normal');
                    x[j,1]=exp(normal*&sigma2.+&mu2.);
                end;else do;
                    call randgen(bin,'binomial',&p3.,1);
                    if bin=1 then do;
                        call randgen(normal,'normal');
                        x[j,1]=exp(normal*&sigma3.+&mu3.);
                    end;else do;
                        call randgen(normal,'normal');
                        x[j,1]=exp(normal*&sigma4.+&mu4.);
                    end;
                end;
            end;
        end;
    end;
    y[i,1]=x[+];
```



```

        vec=j(&n., 1,k);
        dados=Y|| VEC;
    end;
    IF K=1 THEN DO;
        DADOS2=DADOS;
    END;
    ELSE DO;
        DADOS2= DADOS2 // DADOS;
    END;
END;
NAMES = {"VALOR","ITERACAO"};
CREATE WORK.PERDA FROM DADOS2 [COLNAME=NAMES];
APPEND FROM DADOS2;
CLOSE WORK.PERDA;
QUIT;
%MEND SIMULA;
%SIMULA(iteracao=10000,n=1000);

PROC MEANS NOPRINT DATA=PERDA P1 P5 P10 P25 P50 P75 P90 P95 P99;
by iteracao;
VAR VALOR;
OUTPUT OUT=PERDA_SIM P1=P1 P5=P5 P10=P10 P25=P25 P50=P50 P75=P75
P90=P90 P95=P95 P99=P99;
RUN;

proc sql;
create table VARCD&CD. AS
select AVG(p1) as p1, avg(P5) AS P5,AVG(P10) AS P10,AVG(P25) AS P25, AVG(p50) as
p50, AVG(P75) AS P75, AVG(P90) AS P90, AVG(p95) as P95,AVG(p99) as p99 from
PERDA_SIM;
quit;

proc gplot data=perda_observada;
plot valor*periodo;
where cd=&cd.;
run;quit;

DATA VARCD&CD.;SET VARCD&CD.;
CD="CD&CD.";
RUN;

PROC EXPORT DATA = VARCD&CD.
OUTFILE = "&dir.\RESULTADO
FINAL\CD&CD.\RESULTADO&CD..xls"
DBMS = EXCEL
REPLACE;
SHEET="VAR";

RUN;

```

```
data perda2;set perda;
x=log(valor);
run;
```

```
data perda22;set perda_observada;
x=log(valor);
run;
```

```
title "Distribuição de perda agregada.";
PROC UNIVARIATE DATA=PERDA;
VAR valor;
HISTOGRAM;
RUN;
```

```
title "Distribuição do logarítimo da perda agregada.";
PROC UNIVARIATE DATA=PERDA2;
VAR x;
HISTOGRAM;
RUN;
```

```
title "Distribuição do logarítimo da perda agregada observada.";
PROC UNIVARIATE DATA=PERDA22;
VAR x;
HISTOGRAM;
where cd=&cd.;
RUN;
```

```
PROC MEANS NOPRINT DATA=PERDA_OBSERVADA P1 P5 P10 P25 P50 P75 P90
P95 P99;
VAR VALOR;
OUTPUT OUT=PERDA_OBS P1=P1 P5=P5 P10=P10 P25=P25 P50=P50 P75 P90=P90
P95=P95 P99=P99;
RUN;
```

```
PROC TRANSPOSE DATA=PERDA_SIM OUT=PERDA_SIM;
RUN;
```

```
DATA PERDA_PERCETIS;SET PERDA_OBS PERDA_SIM;
DROP _TYPE_ _FREQ_;
RUN;
```

```
PROC TRANSPOSE DATA=PERDA_PERCETIS OUT=PERDA_PERCETIS;
RUN;
```

DATA PERDA_PERCETIS;SET PERDA_PERCETIS;

P=COMPRESS(_NAME_,'P');

PERDA_OBS=COL1;

PERDA_SIM=COL2;

PERCENTIL=P*1;

IF P =. THEN DELETE;

PERCENTIL=P*1;

KEEP PERCENTIL PERDA_OBS PERDA_SIM;

RUN;

%IF &I=1 %THEN %DO;

DATA PERDA_PERCETIS_FINAL;SET PERDA_PERCETIS;

K=&I;

RUN;

%END;

%ELSE %DO;

DATA PERDA_PERCETIS;SET PERDA_PERCETIS;

K=&I;

RUN;

DATA PERDA_PERCETIS_FINAL;SET PERDA_PERCETIS_FINAL

PERDA_PERCETIS;

RUN;

%END;

%END;

PROC SQL;

CREATE TABLE P_F AS

SELECT PERCENTIL,AVG(PERDA_SIM) AS PERDA_SIM,AVG(PERDA_OBS) AS
PERDA_OBS,COUNT(*) AS SIMULACOES

FROM Perda_percetis_final

GROUP BY PERCENTIL;

QUIT;

DATA P_F;SET P_F;

GRP=1;

RUN;

%LET MIN=350000;

%LET MAX=3500000;

%LET MID=100000;

Data line;

grp = 2;

PERDA_OBS = "&MIN."+0;

PERDA_SIM = "&MIN."+0;

PERCENTIL=0;

output;

PERDA_OBS = "&MAX."+0;

```
PERDA_SIM = "&MAX." + 0;
PERCENTIL = 100;
output;
RUN;
```

```
DATA P_F; SET P_F LINE;
RUN;
```

```
/* Use the POINTLABEL option to label the plot points */
```

```
symbol1 v=DOT i=JOIN c=black pointlabel=(h=1.5 f='Albany AMT/bold' '#PERCENTIL');
symbol2 I=join v=NONE color=vibg height=1.3;
```

```
Proc sort DATA=P_F;
by grp PERDA_OBS;
run;
```

```
title "Ajuste QQ-PLOT para perda agregada";
PROC GPLOT DATA=P_F;
PLOT PERDA_SIM*PERDA_OBS=GRP / haxis= &MIN. to &MAX. by &MID.
                                                                    vaxis= &MIN. to
&MAX. by &MID.
                                                                    HREF= &MIN. to
&MAX. by &MID.
                                                                    VREF= &MIN. to
&MAX. by &MID.;
RUN;QUIT;
```

```
/****** ADERENCIA *****/
```

```
DATA ADERENCIA_TESTE_FREQ; SET BASE_FREQ NEG1;
LENGTH TIPO $20;
Valor=QTD;
KEEP Valor Tipo;
IF CD=1 THEN TIPO='Dados'; ELSE TIPO='Modelo';
run;
```

```
/******
```

```
ods graphics on;
ods output kolsmir2stats=KOMOG_FREQ Cvmstats=VAN_FREQ;
proc npar1way edf plots=edfplot data=ADERENCIA_TESTE_FREQ;
class Tipo;
var Valor;
run;
ods graphics off;
```

```

PROC EXPORT DATA = KOMOG_FREQ
      OUTFILE = "&dir.\RESULTADO
FINAL\CD&CD.\RESULTADO&CD..xls"
      DBMS = EXCEL
      REPLACE;
      SHEET="KOMO_FREQ";

RUN;

```

```

PROC EXPORT DATA = VAN_FREQ
      OUTFILE = "&dir.\RESULTADO
FINAL\CD&CD.\RESULTADO&CD..xls"
      DBMS = EXCEL
      REPLACE;
      SHEET="VAN_FREQ";

RUN;

```

```

/***** ADERENCIA SEVERIDADE *****/

```

```

DATA ADERENCIA_TESTE_SEVE;SET BASE_SEVERIDADE TEST;
LENGTH TIPO $20;
KEEP Valor Tipo;
IF CD=1 THEN TIPO='Dados';ELSE TIPO='Modelo';
run;

```

```

/*****

```

```

ods graphics on;
ods output kolsmir2stats=KOMOG_SEVE Cvmstats=VAN_SEVE;
proc npar1way edf plots=edfplot data=ADERENCIA_TESTE_SEVE;
  class Tipo;
  var Valor;
run;
ods graphics off;

```

```

PROC EXPORT DATA = KOMOG_SEVE
      OUTFILE = "&dir.\RESULTADO
FINAL\CD&CD.\RESULTADO&CD..xls"
      DBMS = EXCEL
      REPLACE;
      SHEET="KOMO_SEVE";

RUN;

```

```

PROC EXPORT DATA = VAN_SEVE

```

```

OUTFILE = "&dir.\RESULTADO FINAL\CD&CD.\RESULTADO&CD..xls"
          DBMS = EXCEL
          REPLACE;
          SHEET="VAN_SEVE";

```

```

RUN;

```

```

libname perdas "&dir.\RESULTADO FINAL\CD&CD.";
data perdas.perda&CD.;set perda;
run;

```

```

/****TESTES DE ALEATORIEDADE****/

```

```

%LET NN=10000;

```

```

DATA NEG2;
DO I=1 TO &NN;
QTD=RAND('NEGBINOMIAL',0.1306788,33.94);
OUTPUT;
END;
RUN;

```

```

DATA ADERENCIA_TESTE_FREQ2;SET BASE_FREQ NEG2;
LENGTH TIPO $20;
Valor=QTD;
KEEP Valor Tipo;
IF CD=&CD. THEN TIPO='Dados';ELSE Tipo='Modelo';
run;

```

```

/*****/

```

```

ods graphics on;
ods output kolsmir2stats=KOMOG_FREQ2 Cvmstats=VAN_FREQ2;
proc npar1way edf plots=edfplot data=ADERENCIA_TESTE_FREQ2;
    class Tipo;
    var Valor;
run;
ods graphics off;

```

```

PROC EXPORT DATA = base_freq
              OUTFILE = "&dir.\RESULTADO
FINAL\CD&CD.\teste_frequencia.xls"
              DBMS = EXCEL
              REPLACE;
              SHEET="Teste_freq";
RUN;

```